岡山大農学報 (61), 25－32 (1983)

近親交配が日本ウズラの体重，性成熟日齢，卵重に及ぼす影響

佐藤勝紀・山本敏幸・伊東伸一
小林英文・猪　貴義
(家畜育種学研究室)

Received November 1, 1982

The Effects of Inbreeding on Body Weight, Age at Sexual Maturity and Egg Weight in Japanese Quail

Katsunori SATO, Toshiyuki YAMAMOTO, Shinichi ITO,
Hidefumi KOBAYASHI and Takayoshi INO
(*Laboratory of Animal Genetics and Breeding*)

This experiment was conducted to study inbreeding depression expressed by successive full-sib matings. The effects of inbreeding on body weight, age at sexual maturity and egg weight were examined.

The materials used in this experiment were full-sib and random mating groups which were originated from the control population maintained by random mating in our laboratory. Body weight was measured at 0, 2, 4, 6 and 10 weeks of age and egg weight was recorded at 13 weeks of age.

The results obtained were as follows.

1) There were 36 families of 16 lines in the first generation, but only 14 families of 3 lines remained in the fourth generation in full-sib mating groups, while 40 families remained in each generation in random mating groups.

2) It was found that body weight and egg weight decreased and age at sexual maturity was delayed in full-sib mating groups. Especially, significant difference was found in 4 and 6 weeks body weight of male and female between full-sib mating groups and random mating groups in each generation.

3) Tendencies of depression in body weight, age at sexual maturity and egg weight were observed in full-sib mating groups. Regression coefficient for 6 weeks body weight of female on 10% inbreeding was significant. Six weeks body weight of female and egg weight were reduced by 3.27 g, 0.21 g for each 10% inbreeding, respectively. Age at sexual maturity of male and female were delayed by 0.67 days, 0.96 days, respectively.

4) It is assumed that inbreeding depression of body weight, age at sexual maturity and egg weight were caused by reduction of heterozygosity and increase of homozygosity.

緒　　言

家畜・家禽が保有する優れた形質を遺伝的に固定するには，育種を進める過程のいずれかの段階で近親交配を行なう必要がある．しかしながら，近親交配の継続によって近交度が上昇してくると，生物としての適応性が低下し，体の大きさ，成長率，産子能力，泌乳能力，産卵能力，受精率，孵化率の低下，活力の低下などいわゆる近交退化が発現してくる．

このように，近交退化は家畜・家禽の生産にとって重要な諸形質に影響があることから問題が大きく，近交退化の原因の追究は育種上重要な課題とみられる．

近交退化の原因は，これまで集団遺伝学の面から検討されてきているが，その本質についてはほとんど解明されていない現状である．

本研究で取り上げた日本ウズラは，鶏の実験動物として多くの利点を持つことから，畜産学をはじめとして広範囲な研究分野で使用されてきている．一方，日本ウズラは，他種動物に比較して近交退化が発現しやすい点から，近交退化に関する研究にしばしば使用されてきている．

日本ウズラの近交退化現象は，SITTMANN ら[11] によってはじめて検討されたが，その報告によると，きょうだい交配によって近交世代を進めた場合，受精率，孵化率，育成率に著しい退化現象がみられ，近交系の作出は3世代で困難になることが認められている．その後，新城ら[10]，KAWAHARA[2]，KULENKAMP ら[3]，LOCOTTE[4]，NARAYAN[7]，岡本ら[9]，前田ら[5] もきょうだい交配によって近交世代を進めたが，いずれもその作出過程で受精率，孵化率，育成率などの適応度に関連する形質に著しい退化現象が認められている．

しかしながら，これらの報告ではいずれも産卵率，受精率，孵化率，育成率，体重，卵重など主要な形質の退化について検討したものであり，生産諸形質全般にわたっての検討はされていない．

本研究は，近親交配が日本ウズラの生産諸形質全般に及ぼす影響について検討する目的で，きょうだい交配によって近交世代を進めた場合の体重，性成熟日齢，卵重の3形質について近交群と無作為交配群との対比において検討した．さらに，これら諸形質の退化現象について，回帰の面から検討を加えた．

材　料　と　方　法

本研究に用いた日本ウズラは，岡山大学農学部家畜育種学教室が昭和47年に豊橋の業者から雌雄50対を導入し，以後無作為交配によって維持した対照集団から近親交配群（以下近交群と略す）と無作為交配群に分け維持されたものである．

近交群は，きょうだい交配可能な雌雄をすべて組合せる交配方法によって，1世代では36家系，2世代では37家系，3世代では42家系，4世代では14家系を維持した．

無作為交配群は，近交をさけた循環交配方式によって，1世代から4世代まで各々40家系を維持した．

ヒナは，32±0.2℃に調節された24時間点燈の鶏用育雛器で育成した．

育成の終了したヒナは，14時間点燈の自然温度環境下にある飼育室に収容した．飼料はウズラ産卵用配合飼料（丸紅飼料株式会社，粗たん白質24.0%）を不断給餌とした．

体重，性成熟日齢，卵重の検討には，10－12週齢に達した成ウズラについて連続32日間に産卵した卵を用い，孵化は温度38.3±0.2℃にセットした孵卵器に，8日ごとに4回入卵し，検討した．

孵化したヒナは，上記の育雛条件下で4週齢まで育成した．また，孵化しなかった卵は，孵卵後19日目に割卵し，受精，奇形の有無について検討した．

体重は，雄と雌について，孵化時，孵化後2，4，6および10週令時に測定した．

性成熟日齢は，雄では，孵化後から泡沫様物質が糞受けに排出された最初の日数，雌では初産までの日数をもって求めた．ただし，性成熟日齢の観察は10週齢時まで行なった．

卵重は，両群ともに13週令から14週齢までの産卵したすべての卵の平均として求めた．

体重，性成熟日齢，卵重の退化現象は，近交群では世代ごとの家系数が異なるため，世代ごとの近交係数に対する無作為交配群からの偏差を家系数で重みづけした荷重回帰[12] で示し，検討した．

結　　果

1．近交に伴う維持系統数と家系数の推移

Table 1 は，近交群と無作為交配群における 1 世代から 4 世代までの維持された系統数と家系数の推移を示した．

Table 1 The number of lines and families maintained at 1—4 generation in full-sib and random mating system

Mating system	Generation	1	2	3	4
Full-sib mating	No. of lines	16	12	7	3
	No. of families	36	37	42	14
	Inbreeding coefficient in embryo	.250	.375	.500	.594
Random mating	No. of families	40	40	40	40

近交群では，1 世代目 16 系統，36 家系で出発したが，世代の進行に伴い，系統数と家系数は急激に低下し，4 世代目では 3 系統，14 家系となり，5 世代の作出は困難となった．
一方，無作為交配群では，いずれの世代も40 家系を維持した．

2．近交に伴う体重，性成熟日齢，卵重の変化

1）体重

Table 2 は，近交群ならびに無作為交配群における世代に伴う雄の孵化時，孵化後 2，4，6 および 10 週齢時体重の変化を示した．

Table 2 Male body weight to 10 weeks after hatching at 1—4 generation in full-sib and random mating groups

Mating system	Generation	No. of quails	Body weight (g) (Mean±S.E.)				
			0	2	4	6	10 weeks
Full-sib mating	1	36	6.9±0.12	23.2±0.67***	50.1±1.38**	73.9±2.38***	92.3±1.30*
	2	32	6.9±0.18	24.0±0.98	47.4±1.99***	72.1±2.79***	89.2±3.42*
	3	40	6.6±0.12	27.1±0.87*	53.2±1.59*	80.5±1.74**	94.2±1.52
	4	6	7.2±0.18	25.6±2.12*	51.6±3.28*	75.1±5.48*	93.5±3.10
Random mating	1	79	6.7±0.07	27.1±0.44	54.8±0.86	82.7±1.01	96.7±1.37
	2	79	6.7±0.08	24.9±0.42	53.7±0.89	80.2±0.80	96.7±0.96
	3	67	6.8±0.09	29.6±0.52	56.6±0.87	85.5±0.76	96.5±1.43
	4	45	7.3±0.09	29.4±0.68	55.5±0.86	84.7±1.05	95.8±1.36

* Significant at $P<0.05$.
** Significant at $P<0.01$.
*** Significant at $P<0.001$.

雄の体重は，近交群では，無作為交配群に比較していずれの週齢においても劣る傾向がみられた．特に，両群での 4 週齢時体重の差は，1 世代目で4.7 g，2 世代目で6.3 g，3 世代目で3.4 g，4 世代目で3.9 g となり，いずれの世代においても両群間に有意な差が認められた．また，両群での 6 週齢時体重の差は，1 世代目で8.8 g，2 世代目で8.1 g，3 世代目で5.0 g，4 世代目で9.6 g となり，4 週齢時の場合と同様にいずれの世代においても両群間に

有意な差が認められた.

Table 3は，近交群ならびに無作為交配群における世代に伴う雌の孵化時，孵化後2，4，6および10週齢時体重の変化を示した.

Table 3 Female body weight to 10 weeks after hatching at 1−4 generation in full-sib and random mating groups

Mating system	Generation	No. of quails	Body weight (g) (Mean±S.E.) 0	2	4	6	10 weeks
Full-sib mating	1	37	7.0±0.13	24.4±0.55***	53.9±1.67*	79.8±2.76***	112.3±1.79
	2	45	6.8±0.16	23.9±1.01	47.4±2.07***	71.2±3.19***	103.3±4.20***
	3	54	6.5±0.09***	26.0±0.79***	54.2±1.41***	80.3±2.18***	110.4±2.55
	4	9	6.7±0.31*	24.0±1.46***	52.2±5.18**	73.9±5.69***	108.0±4.31*
Random mating	1	80	6.7±0.07	27.4±0.47	57.6±0.83	86.5±0.92	115.6±1.58
	2	70	6.7±0.08	24.9±0.40	57.6±0.89	86.6±1.22	116.4±0.96
	3	64	7.0±0.10	31.5±0.59	60.8±0.87	94.4±1.04	116.0±1.73
	4	54	7.3±0.10	31.1±0.76	62.7±0.99	95.1±1.40	114.3±1.30

* Significant at $P<0.05$.
** Significant at $P<0.01$.
*** Significant at $P<0.001$.

雌の体重は，近交群では，前述した雄の場合と同様に無作為交配群に比較して劣る傾向がみられた．特に，両群での4週齢時体重の差は，1世代目で3.7g，2世代目で10.2g，3世代目で6.6g，4世代目で10.5gとなり，いずれの世代においても両群間に有意な差がみられた．また，両群での6週齢時体重の差は，1世代目で6.7g，2世代目で15.4g，3世代目で14.1g，4世代目で21.2gとなり，近交世代に伴い増加する傾向がみられた．両群間には，4週齢時の場合と同様にいずれの世代においても有意な差が認められた.

2）性成熟日齢

Table 4は，近交群ならびに無作為交配群における世代に伴う雄と雌の性成熟日齢の変化を示した.

Table 4 Age at sexual maturity at 1−4 generation in full-sib and random mating groups

Mating system	Generation	Age at sexual maturity (days) (Mean±S.E.) Male		Female	
Full-sib mating	1	(34)	52.2±0.85***	(33)	57.2±0.84***
	2	(27)	54.0±1.65***	(35)	60.0±1.16***
	3	(29)	47.3±1.46	(20)	54.2±0.86**
	4	(3)	50.2±4.02*	(3)	56.3±6.36
Random mating	1	(78)	47.2±0.44	(80)	53.0±0.45
	2	(67)	46.5±0.87	(68)	53.4±1.07
	3	(67)	45.7±0.80	(63)	50.6±0.78
	4	(30)	44.0±1.01	(52)	49.2±1.07

( ) No. of chicks.
* Significant at $P<0.05$.
** Significant at $P<0.01$.
*** Significant at $P<0.001$.

雄の性成熟日齢は，近交群では，無作為交配群に比較して遅れる傾向がみられた．両群で

の雄の性成熟日齢の差は，1世代目で5.0日，2世代目で7.5日，3世代目で1.6日，4世代目で6.2日となり，両群間には，3世代目を除くすべての世代で有意な差が認められた．

雌の性成熟日齢は，雄の場合と同様に，近交群では，無作為交配群に比較して遅れる傾向がみられた．両群での雌の性成熟日齢の差は，1世代目で4.2日，2世代目で6.8日，3世代目で3.6日，4世代目で7.1日となり，両群間には，4世代目を除くすべての世代で有意な差が認められた．

本実験では，近交に伴い10週齢時までに性成熟の認められない雌雄ウズラが多く出現した．これらの結果をTable 5に示した．

Table 5 Proportions of infertile male and female among survivors to 10 weeks after hatching at 1−4 generation in full-sib and random mating groups

Mating system	Generation	Proportions of infertile quails (%)	
		Male	Female
Full-sib mating	1	5.6 (2/36)	10.8** (4/37)
	2	15.6* (5/32)	22.2** (10/45)
	3	21.6** (8/37)	41.2** (14/34)
	4	25.0 (1/ 4)	40.0** (2/ 5)
Random mating	1	1.3 (1/79)	0.0 (0/80)
	2	2.9 (2/69)	2.9 (2/70)
	3	0.0 (0/67)	1.6 (1/64)
	4	3.2 (1/31)	3.7 (2/54)

* Significant at $P<0.05$.
** Significant at $P<0.01$.

性成熟の認められない雌雄ウズラの出現割合は，近交群では世代に伴い，次第に増加する傾向が認められた．

近交群におけるこれらの出現割合は，無作為交配群のものに比較して高く，雄では2世代と3世代目で，雌ではすべての世代で両群間に有意な差が認められた．

3）卵重

Table 6は，近交群ならびに無作為交配群における世代に伴う卵重の変化を示した．

Table 6 Egg weight at 1−4 generation in full-sib and random mating groups

Mating system	Generation	No. of eggs	Egg weight (g) (Mean±S.E.)
Full-sib mating	1	224	10.1±0.05**
	2	196	9.5±0.06**
	3	195	9.1±0.08**
	4	56	9.5±0.11*
Random mating	1	254	9.6±0.04
	2	231	9.9±0.06
	3	258	9.5±0.05
	4	218	9.9±0.05

* Significant at $P<0.05$.
** Significant at $P<0.01$.

卵重は，近交群では，3世代目までは減少する傾向が認められた．両群での卵重の差について比較検討してみると，1世代目では近交群が無作為交配群に比較して0.5g高い値を示した．しかしながら，2世代目以降の世代では，いずれも近交群が無作為交配群に比較して0.4g低く，両群間には有意な差が認められた．

3．体重，性成熟日齢，卵重の近交係数に対する回帰

Table 7は，上記した体重，性成熟日齢，卵重の近交係数10%増加あたりの回帰係数を示した．

Table 7 Weighted regression coefficient of traits on inbreeding expressed as deviations of inbred population from random population to every 10% of F

Traits		b ± Sb
Body weight (g)		
Male	0 week	−0.03±0.04
	2	−0.43±0.36
	4	−0.71±0.49
	6	−1.18±0.75
	10	−0.50±0.58
Female	0	−0.10±0.07
	2	−1.01±0.39
	4	−1.65±0.58
	6	−3.27±0.59*
	10	−1.41±1.04
Age at sexual maturity (days)		
Male		+0.67±0.74
Female		+0.96±0.47
Egg weight (g)		−0.21±0.07

* Significant at $P<0.05$.

Table 7からも明らかなように，すべての形質において退化の傾向がみられたが，統計的に有意差の認められたのは雌の6週令時体重であった．

近交係数10%増加するごとに，雌の6週齢時体重は3.27g減少することが示された．

雄の体重は，0週齢時で0.03g，2週齢時で0.43g，4週令時で0.71g，6週齢時で1.18g，10週齢時で0.50g減少することが認められた．雌の体重は，0週齢時で0.10g，2週齢時で1.01g，4週齢時で1.65g，10週齢時で1.41g減少することが認められた．また，性成熟日齢は，雄では0.67日，雌では0.96日遅延し，さらに卵重は0.21g減少することが示された．

考　　察

本実験では，近交に伴い体重，性成熟日齢，卵重の退化現象と維持系統数，家系数の急激な減少がみられ，5世代を作出することは困難となった．

SITTMANNら[11]は，きょうだい交配を3世代継続した結果，家系数は近交群1世代目338家系から3世代目では15家系に激減し，家系の維持ができなくなったことを報告している．新城ら[9]は，28系統40家系から出発したが，近交群4世代目では4系統22家系に減少し，5世代以降の作出は困難になったことを報告している．NARAYAN[7]は，2つの異なる対照集団を用いて，きょうだい交配による近交系の作出を試みたが，いずれも4世代目では系統の維持ができなくなったことをみている．

上記の報告からも明らかなように，日本ウズラでは，近交の継続によって，系統数，家系数の著しい減少がみられているが，これは生産諸形質の退化に起因したものとみられる．

本実験で取り上げた体重，性成熟日齢，卵重の3形質について，その退化の状況について検討した．

体重の退化現象についてみると，近交係数10%増加あたり雄の4週齢と6週齢時では各々0.71 g，1.18 g減少し，雌の4週齢と6週齢時では各々1.65 g，3.27 g減少することが認められた．SITTMANNら[11]の報告によると，雄の6週齢時体重は1.9 g，雌の6週齢時体重は3.4 g減少することが認められている．KULENKAMPら[3]によると，雄の7週齢時体重は1.22 g，雌の7週齢時体重は0.62 g減少することが報告されている．前田らの報告[5]によると，7世代まで維持した系統では，雄の4週齢と6週齢時体重は各々2.20 g，2.02 g減少し，雌の4週齢と6週齢時体重は各々2.31 g，2.61 g減少することが認められている．

本実験で認められた近交による体重の減少ならびに近交に伴う体重の減少は，遺伝子がホモ化する過程で，成長過程における生理機能が全般にわたって低下したことによるものと考えられる．

本実験では，雌の6週齢時体重に顕著な低下がみられたが，6週齢時では，卵巣，卵管などの雌生殖器官が顕著に発達し，それが体重増加に関連していることが知られている[14]．伊東[1]は，近交群における雌の6週齢時での卵巣および卵管の重量について無作為交配群のものと比較検討したが，近交群では無作為交配群に比べて著しく減少したことをみている．

以上の報告と関連して考察すると，近交による雌の6週齢時体重の減少ならびに近交に伴う雌の6週齢時体重の減少は，前述の全般的な生理機能の低下に加えて，内分泌機能に関連する卵巣ならびに卵管の発達阻害に起因するものと考えられる．

つぎに，性成熟日齢の退化現象についてみると，本実験では，近交係数10%増加あたり雄では0.67日，雌では0.96日遅延することが示された．本実験での雄の値は，新城らの2.23日に比べて著しく低い値を示した．また，本実験での雌の値は，SITTMANNら[11]の2.2日に比べて低い値を示したが，新城ら[10]の0.91日，前田ら[5]の7世代まで維持した系統の0.98日に近似している．鶏のこれまでの報告[8]によると，性成熟には，内分泌機能が関与していることが明らかにされており，性成熟日齢の遅延は，内分泌機能の低下に起因して発現するものとみられる．性成熟日齢の遅延に関連して，本実験では，前述したように，近交の継続に伴い体重の減少が認められている．

以上の鶏での報告と本実験の結果から推察すると，近交による性成熟日齢の遅延ならびに近交に伴う性成熟日齢の遅延は，近交によりヘテロ接合体が減少し，ホモ接合体が増加する過程で，ヒナの成長が遅延し，さらに内分泌機能が低下したことによるものと考えられる．

なお，近交群では，近交世代に伴い10週齢時までに性成熟の認められない雌雄ウズラの出現割合は増加する傾向がみられたが，このことは，近交係数の増加に伴う成長ならびに生殖器官の著しい発育遅延と内分泌機能の著しい低下，障害に起因したものとみられる．

また，卵重の退化現象についてみると，本実験では，近交係数10%増加あたり0.21 g減少することが示された．この値は，SITTMANNら[11]の1.7 g，KULENKAMPら[3]の0.4 gより小さい値を示したが，新城ら[9]の0.12 gより高い値を示した．前田らの報告[5]によると，7世代まで維持した系統では0.22 g減少することがみられており，本実験での値は前田らの値と近似している．

一般に，卵重の減少は，卵重を構成する卵黄重，卵白重，卵殻重の減少に起因することが知られている．鶏のこれまでの報告[13]によると，卵黄重の減少は，卵胞への卵黄の蓄積量の低下に起因することが明らかにされている．また，卵白重の減少は，卵管膨大部での卵白分泌量の低下に起因し，さらに，卵殻重の減少は，子宮部での卵殻の形成量の低下に起因することが明らかにされている．本実験で認められた近交による卵重の減少は，その後の研究[6]

によると，卵黄重，卵白重，卵殻重がいずれも減少したことによるものであることが明らかにされている．

以上のことから推察すると，近交による卵重の減少ならびに近交に伴う卵重の減少は，ホモ接合体が増加する過程で，卵黄の蓄積，卵白の分泌，卵殻の形成などに関連する繁殖機能が全般にわたって低下したことに起因するものと考えられた．

摘　　要

本研究は，近親交配の継続によって発現する近交退化現象を明らかにする目的で，日本ウズラを用い，きょうだい交配によって近交世代を進めた場合の体重，性成熟日齢，卵重について近交群と無作為交配群とで比較検討した．

なお，本研究に用いた日本ウズラは，岡山大学農学部家畜育種学教室で無作為交配によって維持してきた集団を基礎として得られた近交群と無作為交配群である．体重は孵化時，孵化後2，4，6，10週齢時に，卵重は13週齢時に測定した．

得られた結果は以下の通りである．

1．近交に伴う系統数と家系数の推移について検討した結果，近交群では，1世代目16系統36家系で出発したが，4世代目では3系統14家系となり，近交に伴い系統数と家系数が急激に低下した．これに対して，近交群では，毎世代40家系を維持した．

2．近交群と無作為交配群における体重，性成熟日齢，卵重について比較検討した結果，近交群では，無作為交配群に比較していずれの形質も劣る傾向が認められた．特に，雄と雌の4週齢と6週齢時体重は，いずれの世代においても両群間に有意な差が認められた．

3．体重，性成熟日齢，卵重の退化現象について回帰の面から検討した結果，いずれの形質も退化の傾向がみられた．

近交係数10%増加あたりの回帰係数に有意差が認められたのは雌の6週齢時体重であった．近交係数10%増加するごとに，雌の6週齢時体重は3.27g減少することが示された．性成熟日齢は，雄では0.67日，雌では0.96日遅延し，卵重は0.21g減少することが示された．

4．以上の結果から，近交に伴う体重，性成熟日齢，卵重の退化は，ヘテロ接合体の減少に伴うホモ接合体の増加に起因したものと考えられた．

本研究の一部は，両備樫園記念財団の研究助成金の援助を受けて行なった。

文　　献

1) 伊東伸一：日本ウズラにおける近交維持集団の大きさと近交退化との関係について(岡山大学修士論文)(1977)
2) KAWAHARA, T.: Ann. Rep. Nat. Inst. Genet. **23**, 126−127 (1972)
3) KULENKAMP, A. W., C. M. KULENKAMP and T. H. COLEMAN: Poult. Sci. **52**, 1240−1246 (1973)
4) LUCOTTE, G: Ann. Biol. **14**, 167−182 (1975)
5) 前田芳実・伊集院正敏・橋口　勉・武富萬次郎：家禽会誌 **18**, 86−97 (1981)
6) 松岡りえ：日本ウズラにおける近親交配の生産諸形質に及ぼす影響 (岡山大学卒業論文) (1981)
7) NARAYAN, A. D.: Sabrao J. **7**, 201−210 (1975)
8) 小川清彦：鹿大農学術報告 **11**, 140−143 (1962)
9) 岡本　悟・松尾昭雄：佐賀農彙 **46**, 9−16 (1979)
10) 新城明久・水間　豊・西田周作：家禽会誌 **8**, 231−236 (1971)
11) SITTMANN, K., H. ABPLANALP and R. A. FRASER: Genetics **54**, 371−379 (1966)
12) STEEL, R. and J. H. TORRIE: Principles and Procedures of Statistics 180−181 McGraw-Hill Book Company Inc., New York, Toronto and London (1960)
13) 田名部雄一：鶏の改良と繁殖　331−338 養賢堂・東京 (1971)
14) WILSON, W. O., U. K. ABBOTT and H. ABPLANALP: Poult. Sci. **40**, 651−657 (1961)