

近親交配が日本ウズラの胚発育に及ぼす影響について

伊東伸一・佐藤勝紀・猪 貴義

(家畜育種学研究室)

Received June 30, 1977

The Effects of Inbreeding on Embryonic Development in Japanese Quail

Shinichi ITO, Katsunori SATO and Takayoshi INO

(Laboratory of Animal Genetics and Breeding)

The effects of inbreeding on embryonic development were studied in Japanese quail.

This experiments were performed to estimate the embryonic development of the full-sib and the random mating groups by somite number and weight. The somite number was measured at 33 and 48 hours of incubation, and the wet and dry embryonic weights were measured at 4, 6, 8, 10, 12, 14 and 16 days of incubation.

The results obtained were follows:

1) The mean number of somites at 33 hours of incubation was 8.7 ± 3.22 in the full-sib mating groups and 9.8 ± 2.48 in the random mating groups. The difference between the two groups was statistically significant ($P < 0.001$). The mean number of somites at 48 hours of incubation was 22.4 ± 2.20 in the full-sib mating groups and 23.0 ± 2.17 in the random mating groups. The difference between the two groups was not significant.

2) The frequency distribution of somite number in the full-sib mating groups was lower than that of somite number in the random mating groups. The form of the distribution in the full-sib mating groups indicated a significantly negative skewness which was -0.46 ($P < 0.05$).

3) By partitioning variance of somite numbers at 33 hours of incubation, it was found that variability within hens was greater in the full-sib mating groups than that in the random mating groups.

4) The wet and dry embryonic weights measured at every day of incubation in the full-sib mating groups seemed to be lower than the corresponding weights in the random mating groups.

5) The regression coefficients of the gain of embryonic weight per day and the regression equations of the embryonic weight measured at every day of incubation were estimated in the full-sib and random mating groups. The difference in growth rate between the two groups was not significant.

結 言

家畜・家禽の品種，系統造成にあたり優良遺伝子の固定と集団内での形質の均一化をはかるために，その育種手段として近親交配方法が古くから採用されてきた。また一方近交に伴ない生産性に関与する形質が低下するという近交退化現象のあらわれる事実も知られている。

近交退化に関する研究は牛・馬・豚・羊・鶏等いずれの家畜・家禽においても報告され，種や形質によって程度の差はみられるが，一般に適応性に関する形質の退化が顕著であると

みとめられている。

これら近交退化現象の解析，原因の追求は育種上重要な課題とみられるが，これまでに詳細な検討が加えられていない．本研究には日本ウズラを用いたが，日本ウズラは近年鶏の実験動物として有用視されており^{4,10,14}，また近交退化が発現しやすい点から近交退化に関する研究が多く報告されている．

SITTMANN *et al*¹³，新城ら^{11,12}，河原⁶，KULENKAM *et al*⁸．は近交の世代進行に伴って産卵率・受精率・孵化率・育成率・性成熟日令・成時体重・卵重等の形質の低下をみとめ，全きょうだい交配で近交を進めた場合，系統数が激減することを報告している．

本研究は近交が胚の発育に及ぼす影響について調べる目的で，きょうだい交配によって近交世代を3代まで進めた場合の日本ウズラの胚の発育についてきょうだい交配群とランダム交配群との対比において検討を加えた．

材 料 と 方 法

本実験に用いた日本ウズラは当教室がランダム交配によって維持してきた集団から，きょうだい交配群とランダム交配群にそれぞれ分け維持されてきたものである．

本実験にはきょうだい交配3世代に達した23家系とランダム交配群の38家系より3週間連続して得られた種卵を用いた．それぞれの家系の雌雄はいずれも20週令の成熟に達したものである．

採卵は正午よりウズラ飼育舎消灯の午後8時まで毎時間行なった．その際，卵重と産卵時刻を記録した．また，貯卵による影響を除くため入卵は産卵日に行ない，孵卵温度 $38.5 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，相対湿度70%で孵卵した．

胚発育の観察については孵卵後33時間と48時間に孵卵器より種卵を取り出し，胚の発育を停止させるために直ちに 4°C のクーラーボックス内に入れた．その後割卵を行ない肉眼的に受精の有無を検査し，受精卵は胚盤を切り取りスライドガラス上にのせ，実体顕微鏡（ 4×5 ）下で中胚葉体節数を測定した．ただし，発育中止，異常胚はデータから除外した．

胚成長の指標として孵卵後4日から16日までの胚重量を測定した．孵卵後4，6，8，10，12，14，16日に孵卵器から無作為に卵を取り出したのち，すみやかに割卵を行ない胚の生重量と乾燥重量を測定した．胚の生重量は濾紙上で余分な水分を取り除き， 0.1mg の精度を持つ直示天秤で測定した．乾燥重量は 80°C に調節された定温乾燥器で乾燥したのち恒量に至るまで測定し，測定値とした．

結 果

1. 初期胚の発育速度

初期胚（孵卵後33，48時間の胚）の発育速度の指標として中胚葉体節数を測定した．孵卵後33時間の胚の平均中胚葉体節数は，きょうだい交配群において 8.7 ± 3.22 ，ランダム交配群において 9.8 ± 2.48 であった．この差は統計的に有意であった（ $P < 0.001$ ）．

図1は，孵卵後33時間の中胚葉体節数の頻度分布を示したものである．図からも明らかのように，きょうだい交配群の胚はランダム交配群の胚に比べて体節数の少ない方へ分布が広がり，分布の型において -0.46 と有意な負の歪度が認められた（ $P < 0.05$ ）．

表1は，孵卵後33時間の胚の中胚葉体節数の分散分析を示したものである．ランダム交配群において家系間に有意な差がみられた（ $P < 0.01$ ）．また分散成分の比率をみると，きょう

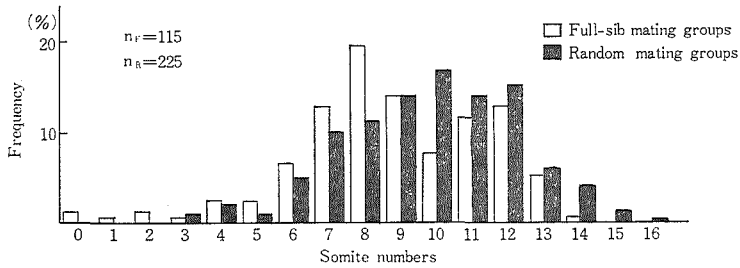


Fig. 1 The frequency distribution of embryos at 33 hours of incubation in full-sib and random mating groups

Table 1 Analysis of variance of somite numbers in embryos at 33 hours of incubation in full-sib and random mating groups

Source of variation	DF	MS	F	Components of MS	Variance components	Percent of variation	
Full-sib	Between hens	27	9.8787	1.3518	$\sigma_E^2 + 4.4960\sigma_F^2$	0.5718	7.26
	Within hens	127	7.3077		σ_E^2	7.3077	
Random	Between hens	37	21.6961	4.8681**	$\sigma_E^2 + 5.1060\sigma_R^2$	3.3756	43.10
	Within hens	191	4.4559		σ_E^2	4.4559	

** Significant at 1% level

だい交配群において家系内のバラツキが大きいことがみられた。

孵卵後48時間の胚の平均中胚葉体節数は、きょうだい交配群において 22.4 ± 2.20 、ランダム交配群において 23.0 ± 2.17 であった。きょうだい交配群の胚はランダム交配群の胚に比べて発育が多少遅れていたが、その差は統計的に有意でなかった。

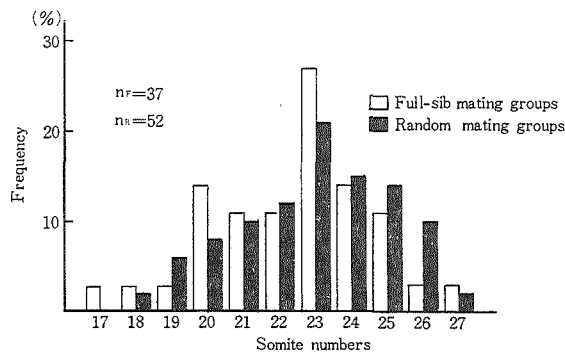


Fig 2 The frequency distribution of embryos at 48 hours of incubation in full-sib and random mating groups

図2は、孵卵後48時間の胚の中胚葉体節数の頻度分布を示したものである。図からも明らかのように分布の型において、きょうだい交配群とランダム交配群との間に差はなかった。

なお、初期胚の発育は遺伝的な要因に加えて、多数の環境要因によって影響を受けることが知られているところから、特に産卵時刻・産卵間隔および卵重について孵卵後33時間・

48時間の胚の中胚葉体節数との関係を検討した。しかし、ウズラでは鶏におけるほど明確なクラッチがみられず、産卵時刻、産卵間隔と孵卵後33, 48時間の胚の中胚葉体節数との明らかな関連性はみられなかった。また卵重と孵卵後33, 48時間の胚の中胚葉体節数の相関は、それぞれきょうだい交配群で0.19, -0.26, ランダム交配群で0.14, -0.12と、共に有意な相関はみられず、孵卵後33・48時間の胚の中胚葉体節数は卵重による影響を受けなかった。

2. 胚の成長

胚の成長の指標として孵卵後4, 6, 8, 10, 12, 14, 16日の胚の生重量 (g) と乾燥重量 (g) を測定し検討した。表2はこれらの結果を示したものである。この表からも明らか

Table 2 Embryonic weights (wet, dry) of full-sib and random mating groups

Days of incubation	Wet wt., g.		Dry wt., g.	
	Full-sib	Random	Full-sib	Random
4	0.0750 ± 0.0141 ^a	0.0825 ± 0.0173 ^a	0.0033 ± 0.0006 ^a	0.0041 ± 0.0009 ^b
6	0.3270 ± 0.0697 ^a	0.3587 ± 0.0357 ^a	0.0225 ± 0.0054 ^a	0.0248 ± 0.0030 ^b
8	0.8685 ± 0.0846 ^a	0.8896 ± 0.0518 ^a	0.0671 ± 0.0090 ^a	0.0694 ± 0.0047 ^a
10	1.8461 ± 0.1819 ^a	1.8941 ± 0.1139 ^a	0.1961 ± 0.0272 ^a	0.2175 ± 0.0245 ^b
12	2.8641 ± 0.3108 ^a	3.2511 ± 0.2072 ^b	0.4204 ± 0.0066 ^a	0.4964 ± 0.0046 ^b
14	4.2982 ± 0.3874 ^a	4.8367 ± 0.5483 ^b	0.7549 ± 0.0079 ^a	0.8627 ± 0.1246 ^b
16	6.5789 ± 0.7567 ^a	6.9456 ± 0.6964 ^b		

* Means ± S. D.

Any two means within a date with different superscript letters are significantly different ($P < 0.01$).

のように、生重量・乾燥重量においてきょうだい交配群はランダム交配群に比べていずれの日令においても胚重量が劣っており、特に有意な差がみられたのは生重量で12, 14, 16日であり ($P < 0.01$), 乾燥重量では4, 10, 12, 14日で有意な差がみられた ($P < 0.01$)。このように後期胚において、きょうだい交配群の胚はランダム交配群の胚に比べ成長に遅れがみられた。

Table 3 The regression coefficients of the gain of embryonic weights per day and the regression equations of the embryonic weights at every day in full-sib and random mating groups

Embryonic weights	Mating groups	b ± Sb	Regression equations
Wet wt.	Full-sib mating	0.1530 ± 0.0240**	$Y = -1.4574 + 0.1530X$
	Random mating	0.1535 ± 0.0224**	$Y = -1.4299 + 0.1535X$
Dry wt.	Full-sib mating	0.2297 ± 0.0583*	$Y = -3.1521 + 0.2297X$
	Random mating	0.2332 ± 0.0583*	$Y = -3.1395 + 0.2332X$

b : Regression coefficients

* Significant at 5% level

** Significant at 1% level

表3は胚の孵卵後の日令に対する増体量の回帰係数と胚重量の回帰式を示したものである。この表からも明らかのように、生重量・乾燥重量ともにきょうだい交配群とランダム交配群との間に有意な差はみられず、成長型としてとらえた場合に両群間で差異がみとめられない

ことが確認された。

なお、両群間の胚重量の違いが胚の大きさの重要な因子である卵重によるものかどうかを検討するため、表4は各日令における胚重量とその卵重との相関係数を示したものである。

Table 4 Correlation coefficients (r) of wet and dry embryonic weight with pre-incubation egg weights in full-sib and random mating groups

Days of incubation	Wet wt.		Dry wt.	
	Full-sib (r)	Random (r)	Full-sib (r)	Random (r)
4	0.1434	-0.0303	0.3107	0.0396
6	0.6530**	0.2088	0.6900**	0.3287
8	-0.2208	0.1802	0.0206	0.0219
10	0.3238	-0.0500	0.3265	0.0044
12	0.4411	0.0484	0.3715	0.3434
14	0.5949**	0.5487**	0.4383**	0.4581**
16	0.9213**	0.9073**		

** Significant at 1% level

きょうだい交配群では6, 14, 16日で胚重量(生・乾燥)と卵重との有意な相関がみられ ($P < 0.01$), またランダム交配群では14, 16日で胚重量と卵重に有意な相関がみられた ($P < 0.01$). 一方, 各日令において両群間の卵重に有意な差がみられたのは, 10日と14日であった。このため卵重と有意な相関がみられ, 両群間に有意差がみられた14日令の胚重量について卵重で補正をおこない検討した。補正した14日令の胚重量においても両群間に有意な差が認められた ($P < 0.05$). すなわち, 卵重による影響を除いた胚重量においてもきょうだい交配群はランダム交配群に比べて劣っていた。

考 察

以上の結果は, 胚発育においてきょうだい交配群がランダム交配群に比べて劣っていることを示すものである。特に孵卵後33時間の胚の中胚葉体節数と, 孵卵後12, 14, 16日の胚重量に大きい差として確認された。

BERNIER *et al.*¹⁾, KRZANOWSKA⁷⁾によると鶏の近交は胚発生初期において胚盤の大きさの退縮, 体節数の減少, 発育段階の遅れを導くことが報告されている。

本実験では, きょうだい交配群の孵卵後33時間の胚の体節数がランダム交配群の胚に比べ約1対少なかった。MANNER *et al.*⁹⁾, によると, この差異は1時間の胚発育の遅れと考えられる。また, きょうだい交配群の孵卵33時間の胚の体節数の分布において有意な負の歪度が認められたが, この原因はきょうだい交配群における胚発育の遅れと, 形態的な観察によって発育中止・異常胚を除いたにもかかわらず, 死亡した胚または死にかかった胚が本実験材料中に含まれていたことも考えられる。

さらに, 孵卵後33時間の中胚葉体節数においてきょうだい交配群の家系内のバラツキがランダム交配群に比べて大きいことがみられたが, この原因として GRÜNEBERG³⁾の考察する, 近交世代の進行に伴ない個体の遺伝子構成がホモ化されていくに従い, 生理的恒常性の維持が困難となり, わずかな環境の変動に対して生体が敏感となり, 表現型の変異増大を導くも

のであろうと考えられる。

初期胚の発育は遺伝的な要因とともに、多数の環境要因が関与することが知られている。BERNER *et al*¹⁾ は近交による有害遺伝子のホモ接合と、初期胚の発育と産卵時刻・産卵間隔とを関連させ親の未熟卵排卵 (Premature oviposition) と排卵遅延 (Delayed oviposition) が胚の成長の遅れ、発生中止の原因となると報告している。またKOSINは産卵間隔と関連する排卵時の胚盤の大きさ、発育段階が、初期胚の発育速度に及ぼす効果が大きいと報告している。本実験に使用した日本ウズラでは、上記の鶏の報告にみられる様な関連性は見出せなかった。

河原は、遺伝子型の異なる鶏群間の交雑実験から初期胚の成長に母体効果が顕著であったと報告し、母体細胞質と胚の遺伝子型の相互作用によって胚の成長が促進・抑制を受けると考察している。ウズラの近交退化の研究においても、SITTMANN *et al*¹³⁾、KULENKAMP⁸⁾ は親の近交レベルと子の近交レベルの交互作用の存在を示唆し、近交退化は母体効果が多大の影響を及ぼしていると報告している。本実験では正逆交配、戻し交配などの交雑実験を試みなかったので、ウズラの近交退化に及ぼす母体効果の存在を確認することができなかった。

胚重量については、きょうだい交配群はランダム交配群に比べていずれの日令においても劣る傾向にみられたが、これらの原因については近交度の上昇が発育の遅延に関連する近交退化に由来するものと考えられる。なお、きょうだい交配群とランダム交配群の胚の成長の型を胚の日令に対する増体量の回帰係数と胚重量の回帰式を示したが、この場合にはきょうだい交配群とランダム交配群との間に有意な差がみとめられなかった。このことは成長型としてみた場合に両群間で差がなかったことを示すものである。胚の重量については、初期胚の発育と同様に種々の要因が知られており、COLEMAN²⁾ は鶏の後期胚の重量と卵重との間に有意な相関が存在することを報告している。本実験では、きょうだい交配群とランダム交配群との卵重に差のみみられた14日令の胚重量について卵重補正を行ない検討した結果、なお両群間で有意な差が認められた。このことは、卵重による影響を除いたきょうだい交配群の胚はランダム交配群に比べて劣っているものとみられる。

摘 要

近交の結果が日本ウズラの胚発育に及ぼす影響を明らかにするために、きょうだい交配によって近交3世代に達した日本ウズラを用いて孵卵後33・48時間の中胚葉体節数並びに孵卵後4日から16日までの胚重量について、ランダム交配群との対比において検討を加えた。

得られた結果は以下の通りである。

- 1) 孵卵後33時間の胚の平均中胚葉体節数はきょうだい交配群において 8.7 ± 3.22 、ランダム交配群において 9.8 ± 2.48 であり、この差は統計的に有意であった ($P < 0.001$)。また、孵卵後48時間の胚の平均中胚葉体節数はきょうだい交配群において 22.4 ± 2.20 、ランダム交配群において 23.0 ± 2.17 であり、両群間の差は有意でなかった。
- 2) 孵卵後33時間の胚の中胚葉体節数の頻度分布について検討した結果、きょうだい交配群の胚はランダム交配群の胚に比べて体節数の少ない方へ分布が広がり、分布の型において -0.46 と有意な負の歪度が見とめられた ($P < 0.05$)。
- 3) 孵卵後33時間の胚の中胚葉体節数の変異について検討した結果、きょうだい交配群における家系内のバラツキがランダム交配群に比較して大きいことが認められた。
- 4) 孵卵後4日から16日までの胚の生重量・乾燥重量について、きょうだい交配群はランダ

△交配群に比べいずれの日令においても胚重量が劣っていることが明らかにされた。

5) 胚の日令に対する増体量の回帰係数と胚重量の回帰式から、きょうだい交配群とランダム交配群との間の成長型について比較検討した結果、成長型では両群間に差は認められなかった。

この研究は文部省科学研究費（特定研究「実験動物の純化と開発」題課番号 012207）の援助によるものである。また、本稿をまとめるにあたり、多くの御指導と御助言を与えられた、河本泰生助教授に感謝の意を表する。

文 献

- 1) BERNIER P. E., L. W. TAYLOR and C. A. GUNNS : *Hilgardia* **20**, 529—628 (1951)
- 2) COLEMAN J. W., H.-S. SIEGEL and P. B. SIEGEL : *Poult. Sci.* **43**, 453—458 (1964)
- 3) GRÜNEBERG H. : *Nature* **173**, 674 (1954)
- 4) 本間運隆 : *家禽会誌* **7**, 157—165 (1970)
- 5) 河原孝忠, 伊藤喜英 : 東京農業大学家畜育種学研究室 創設15周年記念論文集, 66—71 (1965)
- 6) KAWAHARA T. : *Annual Report of National Institute of Genetics* **23**, 126—127 (1972)
- 7) KRAZNOWSKA H. : *Poult. Sci.* **38**, 1446—1455 (1959)
- 8) KULENKAMP A. W., C. M. KULENKAMP and T. H. COLEMAN : *Poult. Sci.* **52**, 1240—1246 (1973)
- 9) MANNER H. W. and B. H. GRANIK : *Anat. Rec.* **158**, 371—374 (1967)
- 10) PADGETT C. A. and W. Ivey : *Science* **129**, 267—268 (1959)
- 11) 新城明久, 水間豊, 西田周作 : *家禽会誌* **8**, 231—237 (1971)
- 12) 新城明久 : 琉球大学農学部学術報告 **19**, 473—480 (1972)
- 13) SITTMANN K., H. ABPLANALP and R. A. FRASER : *Genetics* **54**, 371—379 (1966)
- 14) WILSON W. O., U. K. ABBOTT and H. ABPLANALP : *Poult. Sci.* **40**, 651—657 (1961)

正 誤 表 (Errata)

頁 (Page)	行 (Line)	誤 (Erratum)	正 (Correct)
43	34	免疫学的意義についても	免疫学的意義について ⁹⁾ も
50	6	SITTMANN <i>et al.</i> ¹³⁾ .	SITTMANN <i>et al.</i> ¹³⁾
50	6	KULENKAM <i>et al.</i> ⁸⁾ .	KULENKAMP <i>et al.</i> ⁸⁾
52	Table. 2 5	0.0248±0.0030 ^b	0.0248±0.0030 ^a
62	19	YAMAMOTO は ⁶⁾	YAMAMOTO ⁶⁾ は
88	2	IMF	IFO
90	10	68.8	98.8