

琉球大学学術リポジトリ

日本ウズラにおける近親交配とアウトクロス(畜産学 科)

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新城, 明久, Shinjo, Akihisa メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/20.500.12000/4477 |

日本ウズラにおける近親交配とアウトクロス

新 城 明 久*

Akihisa SHINJO: Inbreeding and
outcrossing in Japanese quail

結 言

日本ウズラは全きようだい交配を機械的に続けると受精率、ふ化率など適応度の顕著な低下、すなわち近交退化現象がみられ、3～4世代で系統は絶滅するといわれている(4, 6, 7)。このような近交退化の現われ方は交配法の種々組合せ方によっても左右されると思われるが、従来この面の検討はなされてない。このような観点から、今回著者は、前報(6)で報じた比較的近交退化が発現しにくかった近交S系ウズラを用いて、全きようだい交配のような強度の近交と、系統内ランダム交配のような弱度の近交を組合せて近交世代を進め、近交退化の現われ方を観察し、同時にそれらの成績をもとに近交系の作出法についても検討した。

また近交にともなって退化したウズラの適応度がインクロスやトップインクロスなどのアウトクロスによりどの程度回復するかについても実験を行ない、得られた結果より近交退化の原因を考察した。

実験材料および方法

本実験に用いた非近交系(ランダム交配集団)および近交系(S系統)ウズラはいずれも前報(6)のそれらと同じである。

受精率(受精卵数/入卵数)およびふ化率(ふ化羽数/受精卵数)の調査は、各世代とも9～12週令のウズラの産んだ卵を用いて次のごとく行なった。すなわち非近交系ウズラについては1～5世代は連続5週間、6～11世代では連続3週間に産んだ卵を、また近交系ウズラについては1～6世代は連続5週間、7～11世代では連続3週間に産んだ卵を用い、いずれの場合もそれぞれ週毎に入卵して上記の調査を行なった。

育成率(生存羽数/ふ化羽数)の調査は、上述のように週毎に入卵したもののうち、非近交系ウズラについては1～7世代では初めの2週間、8～11世代では1週間分、また近交系については1および7～9世代では初めの2週間、2～6世代では5週間、10および11世代では初めの3週間分の卵からふ化した雛について4週令までの育成成績より求めた。

世代の進め方は、非近交系では各世代とも育成された雛のなかから各母親あたり雄雌それぞれ1羽ずつ残すことを原則とし、それらの中で近交を避けてランダム交配する方法をとった。また近交系では育成されたすべての雛をプールして全きようだい交配可能な個体を残し、それらを組合せることによ

* 琉球大学農学部畜産学科

た。なお交配は近交系の9世代目の雄1:雌4の組合せを除いて、非近交系および近交系ともに雌雄1対交配とした。近交系の各世代の交配法と交配数は図1に示す通りである。近交係数はWrightの共通祖先から求める法(8)と集団の有効な大きさから求める法(9)の両方から計算した。

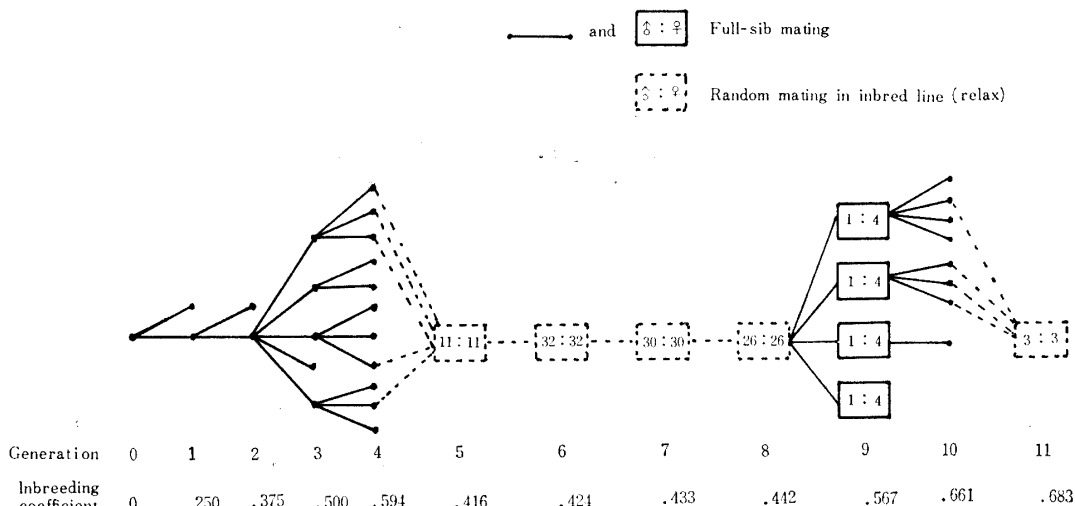


Fig. 1. Map of line, mating system and inbreeding coefficient at each generation in inbred S line of Japanese quail

図 1. 近交S系ウズラの系統図と世代毎の交配法および近交係数

次に近交退化現象の回復の程度をみるためインクロス(近交系間交配), トップインクロス(近交系雄×非近交系雌), ボトムクロス(非近交系雄×近交系雌)などのアウトクロスを行なった。この実験には図1に示してある近交S系の6世代目からふ化したウズラを用いた。交配は雌雄1対交配とし、得られた卵の受精率, ふ化率およびふ化雛の2週合までの育成率などの諸形質を調べることにより, 退化現象の回復の程度を検討した。諸形質の調査期間は表1に示す通りである。

Table 1. Observation period of trait in the various mating systems

表 1. 各種交配区の諸形質の調査期間

| Mating system | Fertility and hatchability (quails' age in weeks) | Viability to 2 weeks (quails' age in weeks) |
|------------------------------|---|---|
| Random mating | 9 ~ 10 | 9 ~ 10 |
| Random mating in inbred line | 18 ~ 20 | 18 ~ 20 |
| Incross | 18 ~ 20 | 18 ~ 20 |
| Topincross | 9 ~ 11 | 9 ~ 10 |
| Bottomcross | 9 ~ 11 | 9 ~ 10 |

その他の実験法や飼育管理の方法などは前報(6)の通りとした。ただし1~7世代ではふ化率の悪い古い型のふ卵器を使用し, 貯卵温度も10°Cとしたが, 8世代以後およびアウトクロスの実験ではふ化率のよい新しい型のふ卵器を用い, 貯卵温度も13°Cとした。

実 験 結 果

近交S系ウズラは比較的近交退化現象が発現しにくい系統であったにもかかわらず, 表2に示すよう

Table 2. Comparison of fertility, hatchability and viability changed with progressive generations in non-inbred and inbred lines

表 2. 非近交系と近交系の世代の進行にともなう受精率・ふ化率・育成率の比較

| Generation | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Non-inbred line | | | | | | | | | | | |
| Fertility | * 63/1234 = .890 | 63/1696 = .969 | 72/1831 = .967 | 72/1734 = .937 | 66/1674 = .919 | 50/751 = .952 | 45/686 = .925 | 40/694 = .987 | 48/745 = .985 | 47/747 = .974 | 47/805 = .968 |
| Hatchability | 62/849 = .688 | 63/1112 = .656 | 71/1021 = .588 | 66/946 = .546 | 50/986 = .589 | 45/451 = .601 | 40/410 = .598 | 48/579 = .834 | 48/567 = .761 | 47/611 = .818 | 5/620 = .770 |
| Viability to 4 weeks | 57/216 = .837 | 60/277 = .735 | 66/345 = .876 | 70/324 = .850 | 47/323 = .830 | 47/243 = .827 | 44/184 = .811 | 48/188 = .883 | 47/169 = .909 | 47/208 = .941 | 47/159 = .888 |
| Fitness** | .513 | .467 | .473 | .435 | .449 | .473 | .449 | .727 | .681 | .750 | .662 |
| Inbred line | | | | | | | | | | | |
| Fertility | 2/48 = .980 | 2/26 = .703 | 5/150 = .993 | 11/201 = .728 | 32/175 = .694 | 30/371 = .700 | 30/241 = .722 | 16/282 = .775 | 3/217 = .801 | 3/66 = .660 | 3/26 = .542 |
| Hatchability | 2/22 = .458 | 2/15 = .577 | 10/60 = .400 | 11/58 = .289 | 32/73 = .417 | 26/178 = .480 | 26/112 = .465 | 16/192 = .681 | 8/110 = .507 | 3/23 = .348 | 3/13 = .500 |
| Viability to 4 weeks | 2/9 = .692 | 1/10 = .667 | 5/46 = .767 | 11/47 = .810 | 24/61 = .836 | 25/147 = .826 | 25/58 = .795 | 15/99 = .832 | 8/42 = .609 | 2/10 = .435 | 2/13 = 1.000 |
| Fitness | .311 | .271 | .305 | .170 | .242 | .278 | .267 | .439 | .247 | .100 | .271 |

* Number of mating ** Fertility × hatchability × viability to 4 weeks

に4世代目においては受精率72.8%, ふ化率28.9%および育成率81.0%となり, 同世代の非近交系のそれらの形質のそれぞれ93.7%, 54.6%および85.0%に比較して著しく退化しており, 以後全きようだい交配を続けることが困難となった。

そのため5世代から8世代までは系統内ランダム交配(リラックス)を行ない, 近交退化現象の回復を試みた。その結果, 受精率, ふ化率は著しく向上し, これら3つの形質の値を乗じて得られる適応度と比較すると4世代目のそれが17.0%であるのに対し5世代目のそれは24.2%となり, 著しく向上していることが明らかである。また8世代目からはふ化率のよい新しい型のふ卵器を使用したこともあって, 7世代目の適応度が26.7%であったのが8世代目では43.9%とさらに向上している。

このような系統内ランダム交配によって適応度の回復をみたが, 9世代目では8世代目のものから受精率, ふ化率および育成率ともに100%を示した1組合せを選抜し, 雄1:雌4の全きようだい交配の組合せを4組作って全きようだい交配を行なった(図1)。さらに次の10世代目でも雌雄1対の全きようだい交配を試みた。その結果, 適応度は9世代目24.7%だったのが10世代目では10.0%となり顕著に退化し, 全きようだい交配が続けられなくなった。そのため11世代では再び系統内ランダム交配のような弱い近交を行なうことにより適応度の回復を計った。その結果, 適応度は再び向上した。

上記の近交S系ウズラの近交世代の進行にともなう適応度と近交係数との関係を図示すると図2のよ

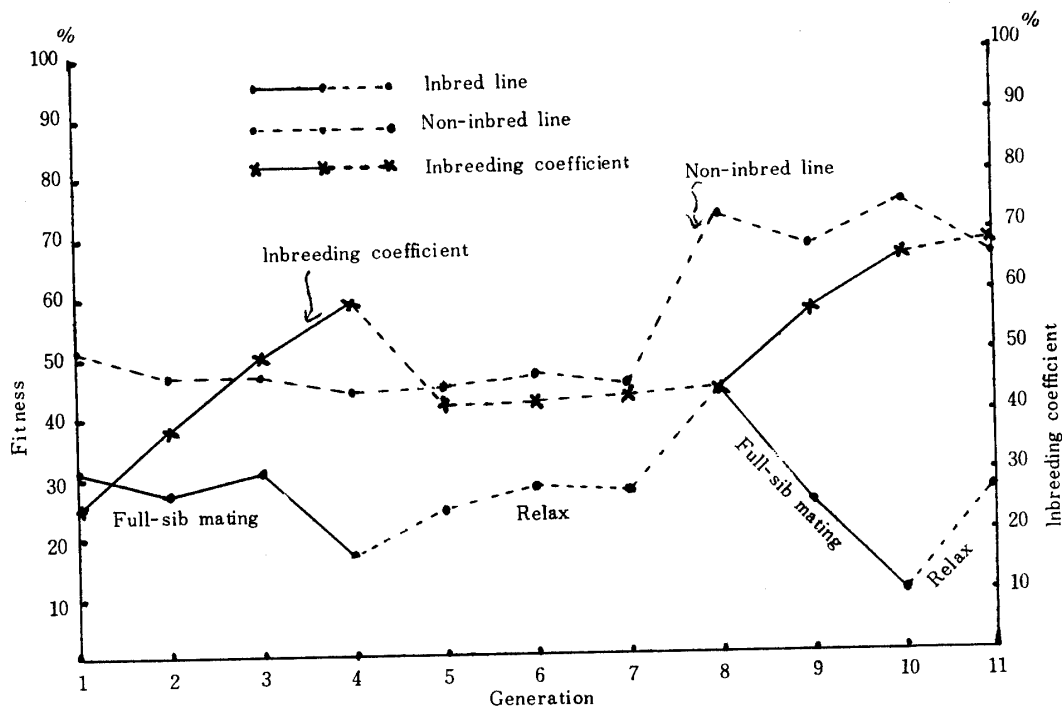


Fig 2. Relation between fitness and inbreeding coefficient changed with progressive generations in inbred S line

図 2. 近交S系の世代の進行にともなう適応度と近交係数との関係

うになる。図から明らかなように, 全きようだい交配のような強度の近交により近交係数を急激に上げれば適応度は著しく退化し, 近交系内ランダム交配(リラックス)を行ない近交係数を横ばいにすれば適応度が向上する。

次に近交S系ウズラをインクロス, トップインクロスおよびボトムクロスなどのアウトクロスすることにより, それらの受精率, ふ化率および2週目までの育成率がどれだけ回復するかについて検討し,

その結果を表3に示す。 ランダム交配（非近交系）区の受精率，ふ化率および育成率が84.0，77.7，93.1%を示しているのに比較し，近交系内ランダム交配（近交系）区ではそれぞれ79.1，62.2，66.3%といずれも低く，近交退化現象がみられた。

Table 3. Comparison of fertility, hatchability and viability in inbreeding and outcrossing

表 3. 近親交配区とアウトクロス区の受精率・ふ化率・育成率の比較

| Mating system | Inbreeding coefficient | | N | Fertility | Hatchability | Viability to 2 weeks |
|------------------------------|------------------------|-----------|----|------------------|-------------------|----------------------|
| | Parents | Offspring | | | | |
| Random mating | 0 | 0 | 9 | 157/187 =.840 | 122/157 =.777 | 67/72 =.931 |
| Random mating in inbred line | .424 | .445 | 12 | 148/187 =.791 | 92/148 =.622*3 | 61/92 =.663*3 |
| Incross | .424~ .375 | 0 | 29 | 364/427 =.853 | 266/364 =.731 | 250/266 =.940 |
| Topincross | .424*1 0*2 | 0 | 16 | 239/277 =.863 | 194/239 =.812 | 102/117 =.872 |
| Bottomcross | 0*1 .424*2 | 0 | 17 | 188/229 =.821 | 153/188 =.814 | 94/104 =.904 |

N: Number of mating *1 Inbreeding coefficient of sire

*2 Inbreeding coefficient of dam

*3 Significantly different from random mating at 1% level

しかし近交系を用いて行なったインクロス，トップインクロスおよびボトムクロスなどのアウトクロス区の受精率，ふ化率および育成率は近交系内ランダム交配区のそれらの形質より高く，著しい雑種強勢現象がみられた。

なお近交系の雄を配したトップインクロス区や近交系の雌を配したボトムクロス区の適応度はランダム交配区の適応度とほとんど差がみられず，近交系を用いたための雄性効果や母体効果は特に認められなかった。

考 察

著者はすでに，今回使用した近交S系ウズラが比較的近交退化を起しにくく，有害遺伝子数を示す遺伝的荷重2Bも2.3と少ない系統であることを報告（6）したが，この系統のウズラでも全きようだいい交配を4世代も続けると適応度が著しく退化し，5世代以後それを続けることが困難となった。

そこで，適応度の退化の回復をはかるため，5世代より8世代まで系統内ランダム交配を試みた。その結果，近交係数は徐々に増加したが，適応度の低下をとまわず，逆に著しく改善され，また近交を行なったことによって有害遺伝子もかなり除外されたと考えられる系統が得られた。このようにし

て作出された系統より適応度の高い(100%)の組合せを選ぶという形をとって、再び全きようだい交配を行ない、近交係数の増加をはかったが、前述の場合と同様適応度が著しく退化し、世代を進めることが困難となった。

近親交配は多くの染色体上にある多くの遺伝子のホモ性を増大せしめ、遺伝子のある一定方向に固定し、かつ遺伝子頻度(遺伝子環境)の変化をもたらす。このような遺伝子頻度の変化に対し遺伝子は自ら調整し適応(遺伝子適応)するように働くことが結果的には考えられる。そのため全きようだい交配のような強度の近交によって急激に遺伝子をホモ化し、遺伝子頻度を変えた場合には、有害遺伝子のホモ接合よりもむしろ遺伝子相互間の調整がとれなくなり、また遺伝子自体も遺伝子頻度の急激な変化に対応しきれなくなったと考えることができよう。近交系ウズラの適応度が急激に低下した現象もこのように解釈できる。

これに対し5世代から8世代まで系統内ランダム交配により適応度が向上したことは、その間に遺伝子相互間の調整が行なわれたことによると考えれば説明できる。

近交退化の原因については古くから有害遺伝子のホモ接合によると考えられている。しかし上述の結果およびインクロス、トップインクロス、ボトムクロスなどのアウトクロスを行なって近交系にヘテロ性を賦与すれば、適応度は著しく回復し、顕著なヘテロシス効果が認められたこと、さらに近交系ウズラに比較的低線量の γ 線を照射すれば適応度が向上する(5)ことなどから、ウズラの近交退化の原因は有害遺伝子のホモ接合によるよりも、むしろ多くの遺伝子座にあるポリジーンのヘテロ性の低下による場合が大きいと考えられる。

Chai(1, 2)はウサギを20世代全きようだい交配を行なった結果、近交系は非近交系よりも適応度が低かったと報じ、その原因は遺伝子のホモ接合の増加とヘテロシスの有利な効果が低下したためであり、分離による荷重であると考えられている。さらに Lerner(3)は生存率の高い集団はヘテロ接合体であるとし、近交退化は多数の染色体上にあるポリジーンのヘテロ性の低下であるとしている。このように、近交退化の原因について著者と同様な見解を先人の報告にみることができる。

以上の結果より、ウズラの近交系を作出するに際しては、比較的適応度が高く、また比較的有害遺伝子を少なく保有していると考えられる系統を選び、次の方法によって世代を進めることを推奨したい。すなわち、単に機械的に全きようだい交配を行なうと近交退化現象により世代の更新が不可能になるので、近交退化が著しくなった時点で、系統内ランダム交配により適応度の退化の回復をはかる。このようにして適応度をあげてから再度全きようだい交配を行なうという方法である。

このような新しい交配法を採用することによって、従来近交退化現象が顕著で系統の維持が困難とされていたウズラで、近交係数が68.3%にも達する近交S系ウズラを作出することに成功した。

要 約

近交退化の原因を追究するため、比較的近交退化が起こりにくい近交S系ウズラを用い、11世代まで近親交配を行ない、成ウズラの3—5週間に産した卵について受精率、ふ化率、育成率などの適応度を指標に調査を行なった。

1. 全きようだい交配を連続して行なうと適応度が著しく退化し、5世代以降全きようだい交配を行なうことはできなかった。しかし系統内ランダム交配のような弱度の近交を組合せることにより近交係数を68.3%まで上げることができ、系統を維持することが可能であった。なお、この方法によっても適応度の近交退化現象を防ぐことはできなかった。

2. 近交系の適応度の退化はインクロス、トップインクロス、ボトムクロスなどのアウトクロスを行

なえば著しく回復し、顕著な雑種強勢現象が認められた。

3. 近交退化の原因は有害遺伝子のホモ接合よりむしろ多くの遺伝子座にあるポリジーンのヘテロ性の低下であると考察した。

文 献

1. Chai, C. K. 1969 Effects of indbreeding in rabbits. Indred lines, discrete characters, breeding performance, and mortality, *J. Hered.*, **60**: 67~70
2. ———— 1970 ————. Skeletal variations and malformations, *J. Hered.*, **61**: 2~8
3. Lerner, I. M. 1954 Genetic homeostasis, p22~27, Edinburgh, Oliver and Boyd.
4. Sakai, K. 1969 The future of the breeding science, *SABRAO Newsletter*, **1**: 61~68
5. 新城明久, 水間豊, 西田周作 1970 ウズラ近交個体の受精率, ふ化率におよぼす放射線の影響, *家禽会誌*, **7**: 11~12
6. ————, ————, ———— 1971 日本ウズラにおける近交退化に関する研究, *家禽会誌*, **8**: 231~237
7. Sittmann, K., Abplanalp, H. and Fraser, R. A. 1966 Inbreeding depression in Japanese quail, *Genetics*, **54**: 371~379
8. Wright, S. 1922 Coefficient of inbreeding and relationship, *Amer. Nat.*, **56**: 330~338
9. ———— 1931 Evolution in mendelian population, *Genetics*, **16**: 97~159

Summary

The study was carried out with Japanese quail "inbred S line" to search inbreeding depression. Inbred S line of Japanese quail was relatively low inbreeding depression line and inbred successively till the 11th generation. Various characters such as fertility, hatchability and viability were examined on eggs layed on 3—5 weeks by adult quails.

1. Owing to severe inbreeding depression, successive full-sib matings were encountered with serious difficulty of reproduction by the 5th generation. Therefore, subsequent inbreeding generation were made by combination full-sib mating with mild inbreeding, random mating in inbred line, as a result of such procedure, the line could be maintained and also the inbreeding coefficient of the line was succeeded to increase to 68.3% at the 11th generation. However, the occurrence of inbreeding depression could not prevent completely by this procedure.

2. Inbreeding depression of the inbred S line could be restored by means of outcross such as incross, topincross and bottomcross. The fact indicates that, it is based upon

striking heterosis.

3. It is suggested that inbreeding depression is caused by decrease of heterozygosity of polygenes on many loci rather than by increase of homozygosity of deleterious genes.