

飼育トキの自然繁殖における環境要因

劉冬平¹・慶保平²・路宝忠²・王超²・楚国忠¹

1 中国林業科学院森林生態環境と保護研究所

2 陝西省トキ国家級自然保護区

訳 福井和二

摘要：2004年3～7月、陝西省洋県における飼育条件下のトキ (*Nipponia nippon*) の自然繁殖の研究を行なった。18対の繁殖鳥における1巣卵数は平均 3.10 ± 0.54 卵で孵化率は26.2%、育雛成功率は64.7%、このケージの面積は狭く、1巣卵数とケージ面積は明らかに相関(Pearson, $r=0.591$, $P<0.01$)があった。孵化数、巣立ち数と巣の遮蔽樹との距離関係は負の相関 (pearson, $r_1=-0.674$, $P_1<0.05$; $r_2=-0.677$, $P_2<0.05$)がある。親鳥の繁殖経験は繁殖成功率に顕著な影響はなく、営巣環境は自然繁殖の成功率に重大な影響要因となっている。

トキ (*Nipponia nippon*) は国際的絶滅危惧 (endangered) 種^[1,2]で、2005年末には全世界において900羽とされている^[3]。かつて歴史的にはトキは日本、朝鮮半島、中国、ロシア沿海地方を含む広範な地域に分布していた^[4]。20世紀中葉以来人類活動の影響により急激に減少した。日本では1981年、野生の個体群全部を捕獲し、飼育をしたがすでに絶滅してしまった^[4]。トキを探すために中国科学院は大規模な探索隊を組織し、大規模な搜索により、1981年5月、陝西省洋県に7羽の野生トキが生息していることを再発見した^[5]。

トキの人工飼育にはすでに100年の歴史が有る。最も早くには、1872年英国人 Swinhoe が中国の浙江省において1羽のトキを捕獲し、ロンドンの動物園に送り飼育された。その後韓国と日本にトキを飼育した歴史が有る^[6]。中国でのトキの再発見以来、野生トキの傷病鳥救護などの目的での飼育個体を北京動物園、陝西省洋県と陝西省周至飼育センターを設立して移し、1989年、まず北京動物園が飼育条件下での繁殖という難関を突破し^[7]、その後、逐次繁殖個体群は増加していった。

しかし、飼育条件下のトキは産卵した卵を突き壊したり、踏みにじったりすることが多く、そのために人工孵化、育雛が必須となっていた^[8-10]。トキは飼育条件下での自然繁殖は不可能なのだろうか。人の手を借りず繁殖を完結することは不可能なのだろうか。これは緊急で、技術的な関心事であり、将来トキを自然へ帰す (re-introduction) 放鳥に関係があり、飼育個体を野外で繁殖させ、種を維持する壮大な試みであった^[9]。1995年からこの領域での実験が行われ^[9-10]、静穏なケージ環境、適当な飼育管理等の条件下で自然繁殖を完成することができた。しかし、自然繁殖を行なう飼育個体は非常に敏感で、卵の破壊や、雛を突き殺すようなことが多く発生し、繁殖成功率は極めて低かった^[8-10]。本研究の目的は飼育下のトキの自然繁殖を観察し、繁殖成功を阻害する要因を数量的に分析し、自然繁殖の成功率を向上する要因を究明することにある。

1. 研究地域

研究地域は陝西省洋県華陽鎮で、東経 $107.50 \sim 107.55^\circ$ 、北緯 $33.56 \sim 33.61^\circ$ に位置し、2004年の初めに陝西省自然保護区において鳥インフルエンザが爆発的に流行し、2月に、洋県トキ救護飼育センターに飼育されていた93羽のトキを急遽、秦嶺山脈南麓の華陽鎮山区に移転し、隔離飼育した。この地は洋県の中心部から43km離れ、標高1080mの北アジア亜熱帯と温

帯の境界上にあり、気候が温暖で、平均気温 9.5~11.7°C、年間降水量 1004mm のところである。華陽鎮域内は溪流が多く、水資源が豊富で、トキの自然繁殖のためには良好な自然環境である。また、ジャイアントパンダ (*Ailuropoda melanoleuca*)、金糸猴 (*Rhizophithecus raxellanae*)、羚羊 (*Budorcas taxicolor*) などの珍し野生動物も生息する優れた環境である。

2. 研究方法

2.1 研究対象と繁殖場所 本研究の対象は全て華陽の 2 ヶ所に隔離飼育中のトキで、平均年齢 4.2 歳、人為的にペアを作ったものである。

トキの隔離飼育域は住宅から離れた静穏な環境で、人為的攪乱の少ない斜面の林間にあり、主な樹種は馬尾松 (タイワンアカマツ *Pinus massoniana*)¹⁾、アマグリ (*Castanea mollissima*) で、平均樹高 6 m、密度は約 16 株/hm² である。地形の制限によりケージ面積は 18~50m² とそれぞれ異なり、高さは約 4 m である。繁殖に参加していない幼鳥は 6~8 羽の単位で飼育し、ケージには天然のタイワンアカマツあるいはアマグリを利用してナイロン網で囲った。ケージ内に一カ所巣台を立て巣筐²⁾を置いた。巣筐は竹で編んだ椀状で、内径が 35cm、高さ 15cm のものである。巣筐の中に半ば乾燥したマツ葉やクヌギの枝を巣材として入れた。これと同時にケージ内に、親鳥が適宜選択して巣材とするように適量の枯れ枝を置いた。

2.2 飼育繁殖管理 ケージの近くに飼育室を建て、飼育室のケージに面した側に樹木を植えて遮蔽し、飼育作業や観察活動が親鳥に影響を与えないようにした。飼育管理については黄治学等¹¹⁾の報告と似ている。給餌は毎日 2 回、8:00 時に牛肉、粉乳、無機類、ビタミン等の配合飼料を与え、14:00 時にはドジョウその他昆虫の幼虫、微量元素飼料、薬物等を与え、親鳥または雛の健康な発育をはかった。日常の管理は飼育員による終日の観察、記録の外、ケージ内の糞便、脱落羽毛、食物残渣等の汚物処理、清掃と定期的に行なわれる環境の消毒などが重要な作業である。

2.3 データの記録と分析 トキの繁殖期全体の観察を行ない、各巣の産卵数、孵化数、巣立ち数などを記録する。また、トキの異常な行動、たとえば、営巣、繁殖の放棄、卵の突き、破壊、雛の突き殺しなども記録し、繁殖鳥の状況をつぶさに記録し、繁殖成功率への影響を分析するために、

- (1) 親鳥の自然繁殖経験の年数 (NB)、両親の平均値、ならびに数値 0 (自然繁殖の経験がない) と 0 より大きい (自然繁殖の経験があるもの) の両者に分ける。
- (2) 親鳥の人工繁殖年数 (CB)、両親の平均値。
- (3) 親鳥の自然繁殖成功の有無 (SN)、もし両親が成功していたら 1、不成功なら 0、片親が成功していたら 0.5 とする。

繁殖結果後、自然繁殖における営巣環境が繁殖の成否に影響する環境因子を計測する。

- (1) ケージの大きさ (CS)、ケージの面積を計測し 18~28, 29~38, 38~48m² の 3 種に分ける。
- (2) 営巣用の塔の高さ、地面から、1.7~2.1, 2.1~2.5m の 2 種に分ける。
- (3) 鬱閉樹木の種類 (OT)、巣から最も近い樹木の種類、タイワンマツかアマグリのどちらか。
- (4) 巣から鬱閉樹木の距離 (DN)、0~1, >1 m の 2 種に分ける。
- (5) 巣から鬱閉樹の方角 (DO)、真北を 0° とし、0°~180° (陽面)、と 180°~360° (陰面) の 2 種に分ける。
- (6) 巣の上の被覆度 (CO)、巣の上の日陰度を測定し、0~10% と >10% に分ける。

(7) 巣と観察舎との距離 (DW), 距離を測定し <50, 50~200, >200m の 3 種に分ける。

データをとったあと、上述の分類にしたがって、2 或は 3 種に分け、これにより分析を行なう。データの処理は SPSS10.0 によって行った。繁殖成功率に顕著に影響する要因を、Mann-Whitney U(2 種類に分けた要因) を、あるいは Kruskal-Wallis(3 種類に分けた要因) によって検査を行った^[11]、1 巣卵数とケージの大きさの相関は Pearson 相関分析を用いた^[13]。

表 1 繁殖成功の要素と 3 つの測定との関係

計測要因	1 巣卵数	孵化数	巣立ち数	データ分類
NB	-0.95	-0.52	-0.85	0, >0
CB	0.44	1.81	1.65	0.1~2, 3~4
SN	2.46	2.06	2.87	0.0, 5.1
CS	7.02*	1.06	0.35	18~28m ² , 29~38m ² , 38~48m ²
HP	-1.18	-0.76	-0.30	1.7~2.1m, 2.1~2.5m
OT	-1.30	-0.13	-0.13	タイワンアカマツ・アマグリ
DN	-1.44	-2.29*	-2.31*	0~1m, >1m
DO	-0.13	-0.64	-0.65	0~180°, 180° ~360°
CO	-1.21	-1.37	-1.46	0~0.1, >0.1
DW	0.05	0.80	0.81	<50m, 50~200m, >200m

記号および単位は 2.3 の“研究方法”を参照。* P<0.05

3. 結果

3.1 繁殖成功率 2004 年自然繁殖した飼育トキは 18 番いで、産卵は 65 卵(その内 3 番いの第 1 巣卵は失敗, 第 2 巣卵による), 1 巣卵数平均は 3.10±0.45 卵 (n=21)。無精卵 9 卵で 13.8%。親鳥が抱卵中に卵が破損したものが 36 卵で 55.4%。孵化に成功したものを 17 羽, 孵化率は 26.2%。巣立ちしたものを 11 羽, 育雛成功率 64.7%。孵化率と育雛成功率は当年の野生トキの繁殖結果(それぞれ 76.0%と 91.2%)に比較して低い。(図 1)。

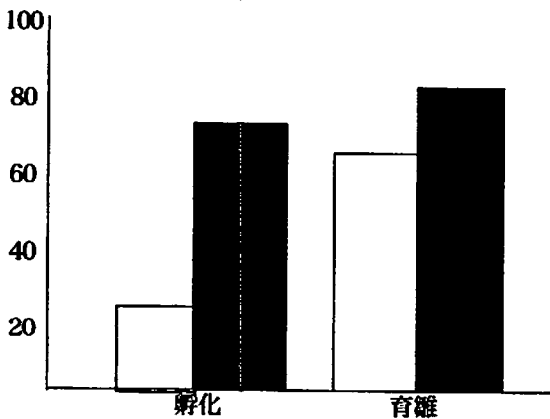


図 1 飼育トキと野生トキの繁殖成功率

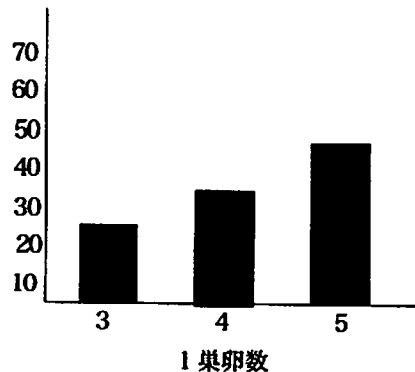


図 2 1 巣卵数とケージ面積の関係

3.2 繁殖成功率の影響要因 10 種類の影響要因の測定結果を 2 つあるいは 3 つに分類し、1 巣卵数, 孵化数, 巣立ち数について分析し表 1 に示す。結果はケージの大きさと 1 巣卵数には顕著な影響がある ($\chi^2=7.02$, $P<0.05$)。巣と遮蔽樹の距離については孵化数 ($Z=-2.29$,

$P < 0.05$) と巣立ち数 ($Z = -2.31$, $P < 0.05$) とも顕著な影響がある。

1 巣卵数が 3, 4, 5 と繁殖ケージ面積それぞれの関係は ($26.6 \pm 5.8\text{m}^2$ $n = 12$), ($33.0 \pm 5.9\text{m}^2$ $n = 5$), (4.86m^2 $n = 1$) で、きわめて顕著な正の相関がある (pearson, $r = 0.591$, $P < 0.01$), ず (図 2)

4. 討論

1995 年以来、李福来等^[8]と黄治学等^[10]が前後して、飼育トキの自然繁殖に関する実験を行い、成功をしている。黄治学等^[10]が 2000~2002 年の期間に 7 番いの飼育トキについて自然繁殖の研究を行ない、22 卵を得て、うち 15 卵が孵化し、12 羽が巣立ちした。その孵化率は 68.2%, 巣立ちの成功率は 80.0% とすべて本実験結果 (それぞれ 26.2%, 64.7%) より高い。その原因は、2 回の実験場所、繁殖ケージや繁殖鳥の状況等に差があることによる。繁殖場所については本実験を行なうにあたり野生トキが繁殖している場所と同じ優れた環境に作られた。しかし、注意すべきは、本実験が行われた親鳥はすべて、その年の 2 月インフルエンザが流行している洋島の飼育センターから急遽、隔離のために 43km (直線距離、実際の運送距離は約 70km) 離れた秦嶺山脈南麓に移されて飼育されている鳥である。周知の如く、2 月はトキが繁殖に入る時期で^[6]、この時に大掛かりな移動が行われたので、当然ホルモン分泌など生理状態がペア形成等の正常な繁殖状況に影響を与えていると考えられる。これにより、この影響が今回実験の繁殖成功率の重要な原因と認められる。繁殖ケージの面では、実験の殆どのケージで緊密に関連し、繁殖個体との間でお互いに影響をもたらしているかも知れない。かつ、黄治学等の研究で、ケージ間に設置された隔離帯の植え込み^[10]のようなものも、繁殖の結果に影響すると思われる。

黄治学等^[10]によれば、これまで人工繁殖に参加していない親鳥の、自然繁殖の成功率は比較的高い。早期に人工繁殖に参加したトキは、これまでの繁殖習性、ケージ環境等の存在を記憶 (imprinting)^[13]し、このような記憶はその後の自然繁殖に対して負の影響が考えられる。本実験で選択された 3 種類の親鳥は当年繁殖に参加したばかりの親鳥と、以前すでに自然繁殖か人工繁殖の経験のある親鳥で、これらを比較することができた。結果は、以前に繁殖経験のある親鳥 (以前に自然繁殖または人工繁殖を経験した年数および自然繁殖の経験はあるが成功しなかった) も繁殖成功率には明らかな影響がなかった。われわれは、動物の初期の発育過程に創られた “記憶 (imprinting)” に因り、トキの成年後の人工繁殖に及ぼす影響は比較的少なく、自然繁殖にも影響する主要な原因ではないと考える。

2 回の実験による飼育トキの繁殖成功率が、野生トキに対して低いのは、飼育条件下のトキに対して自然繁殖させる技術が未だに未熟であることを表している。

結果により明らかになったことは、繁殖成功率が低い原因は孵化率が低い (26.3%) ことであり、合計 65 卵中 48 卵が孵化しなかった。その中無精卵が 9 卵、孵化までに親鳥が踏み壊した卵が 36 卵、孵化が始まって雛が死亡した卵が 3 卵であった。これにより、親鳥が抱卵中に卵を踏み砕くことが、繁殖成功率の低下に最も影響していることがわかる。今までの研究により、ケージの環境、飼育管理等がトキの繁殖個体に対して圧力をもたらし、卵を踏み砕く原因をもたらしている^[8-10]と考えられる。この実験中の前期に、飼育場所を移転したことが親鳥に大きな圧力を与えたことが、高い卵の踏み砕きを招いた可能性が原因として考えられる。

この実験をしたケージは山の斜面で、樹木が多く生えている中に建てられ、その面積には大きな差があり ($18 \sim 48.6\text{m}^2$), 平均面積は ($29.4 \pm 7.8\text{m}^2$) である。結果は繁殖したケージの面積と 1 巣卵数は明らかな正の相関があった。原因として、大きなケージはトキに大きな活動空間を提

供し、繁殖期のトキに対して周囲の環境から受ける圧力から解放され、有利に働いている。黄治学等の実験によれば、平均ケージ面積 $59.31 \pm 3.7 \text{m}^2$ (50~80 m^2)で、1巣卵数とケージ面積での関係は正の相関は明らかではない (Pearson, $r=0.543$, $P=0.208$)。なぜ、2回の実験結果が異なるのか? 主な原因はケージ面積が大きく異なるからである。これにより推測されるのは、ケージ飼育されたトキの繁殖期に、ケージの面積に“閾値”が要求される。このケージ面積の“閾値”は明らかに1巣卵数に影響し、ケージ面積が減少すれば、相応して1巣卵数が減少する。これまでの経験によれば、トキの飼育ケージ面積は一般的に30~40 m^2 で、トキの活動空間、または管理上十分だと考えられていた^[6,9]。この面積の適否、“閾値”の範囲など、さらに研究の必要がある。

環境因子を通して動物の内分泌レベルを変化させることにより、動物の行動や繁殖成功率に影響を与えるのではないかと^[9]。野生トキの繁殖環境は、飼育トキの繁殖過程にとって非常に重要な参考となる。野生のトキは通常マツの樹あるいはクヌギの側枝上に営巣する。王中裕等^[14]の研究発表では、トキは営巣木に、樹高が高く、幹が太く、樹冠の厚い樹を選択しており、これは、繁殖期の高温多雨からうける悪影響を、樹冠の厚さが巣を覆うことにより、有利に働くからとしている。実験結果で明らかのように、巣と遮蔽樹の距離が孵化や巣立ちに明らかに影響しているが、巣上の鬱閉度がトキの繁殖成功率に顕著な影響は見られない。これは、遮蔽木が間近なところで巣を放置しても、悪天候の時にトキの幼鳥に保護を提供することができるほか、自然繁殖をしている鳥に安心感を与えることによると思われる。

巣と巣材はトキの自然繁殖に対して重要な影響がある。翟天慶等^[15]が計測した10巣の結果によると、外径は平均 $78.24 \times 69.75 \text{cm}$ 、内径 $46.31 \times 41.13 \text{cm}$ 、深さ 7.31cm である。今回の実験で使用した巣は小さく、しかも深さが深い(上口直径が約35cm、高さ約15cm)、これはトキの抱卵行動に負の影響を与える。野生トキの巣は粗雑に作られ、通気性が良い。実験に使用された巣は精細に組み上げられており、通気性や保湿性が異なる。トキが繁殖を終えたあと、巣の底に腐敗、発酵した巣材が多く発見された。これは雨水の蒸発、乾燥が悪いことによる。野生トキの巣はよく枯れた枝葉や草根が使用されているが、実験では人により、一部に乾かない樹枝を加えたことがあった。これらの巣材の湿気がトキの抱卵によくない影響をを与えた可能性がある。繁殖後トキの巣の中にいくつかの石塊を発見したが、これは親鳥が銜え込んだものと思われ、巣が深過ぎて湿気が高く、巣材が腐敗したことと関係があると推察され、さらなる研究が望まれる。今後使用する巣筐は野生トキが作る巣のように盤状のもので、巣筐は当然もっと浅く粗く編んだ通気性のよいものにしたいと思う。営巣柱の上も板で三角形の台を作り、その上に直接巣を乗せ、巣材は完全乾固下枝葉を使用したいと考えている。

訳注

1. 馬尾松; (タイワンアカマツ *Pinus massoniana*) マツ科, マツ属, 華南, 四川, 貴州, 雲南, ベトナムに分布。植栽されたものもある。
2. 筐; 竹や柳の小枝で編んだ椀状または皿状の籠をいう。