

II. 人工授精と自然交配

1. 人工授精

(1) 精液採取

保定方法としては脇に抱える方法、胴体を足に挟む方法、ニワトリの足を自分の足で挟む方法があり、精液採取では、それぞれ絞る側と受け取る側に分かれて2人で採取する方法と、1人で採取する方法がある。基本的にはどれも同じなのでどれか一つの方法が出来れば良い。マッサージも背部マッサージ法と腹部マッサージ法の2種類があり、併せて行うこともある。鶏によっては、マッサージの必要が無い個体もあるため必要に応じて行い、あまり長い時間マッサージしない。雄1羽について1回の採精で採取できる量は、通常0.1~0.5mlで品種や個体によっても異なり0.5ml以上出す個体もいる。腹部を軽く圧迫すると出しやすいが、糞尿も入りやすくなるので、個体によって加減する。また、量を多く取ろうとすると透明液が多く入り薄くなることや、血液が入ったりするので注意する。

採取方法は、雄の頭部をやや下にして保定し、総排泄腔が良く見える状態にする。次に、総排泄腔の両側を親指と人差し指で圧迫しながらつまんで退化交尾器を露出させしぼり出す。このとき、総排泄腔のすぐ上を別の指で軽く圧迫すると良く採取できる。採取器具は、試験管に直接とってかまわれないが、糞尿の混入を防ぐため、10ml程度の小さなプラスチックカップに一旦受けてからピペットやスポイトなどで試験管に移した方が良い。糞尿や血液が多く混入すると受精率が下がることもあるので、できるだけ混入させないように注意する。試験管に直接受ける場合で糞尿が入った場合は、翼の羽を使って除くことがよく行われている。

家禽精液の精液量と精子数

種類	精液量 (ml)	精子数 ($\times 10^9/ml$)
ニワトリ	0.325	3.68
アヒル	0.390	9.46
シチメンチョウ	0.300	7.43
ウズラ	0.012	4.26
ホロホロチョウ	0.018	4.14
ハト	0.004	7.36

【採精手順】岡崎牧場で行っている方法



① 左手に軍手をはめて、素速く雄の足を後からつかむ。次に右手を入れて鶏の両足を両手で掴む。



② 鶏を横向にしてケージから出す。



③ 右手で鶏の足をつかみ、背部をマッサージする。(マッサージだけで出してしまう個体もいるので注意する。)



④ 右手で足をつかみ、鶏を後ろ向きにし、尾羽を脇の下に引っかける様に総排泄腔を前に出す。



⑤ 足を左手に持ち替え、脇を軽くしめる。



⑥ 右手で総排泄腔の両脇を軽く押しながらかつまみ精液を搾る。



⑦ 通常は搾り手と受け手の二人一組で行う。



⑧ 10mlのプラスチックカップで精液を受けているところ。



⑨ 熟練すると、一人でカップを持ち一人で採精が出来る。写真はカップを薬指で持ち中指と親指で絞っている。



⑩ 別の方法。鶏を横向にして足を挟んで採精する方法。マッサージは、背部と腹部の両方できる。



⑪ この方法の場合、左手で鶏の背中側から総排泄腔の脇をつかめるので、右手が空き一人で採精することも容易。



⑫ 総排泄腔を反転させているところ。

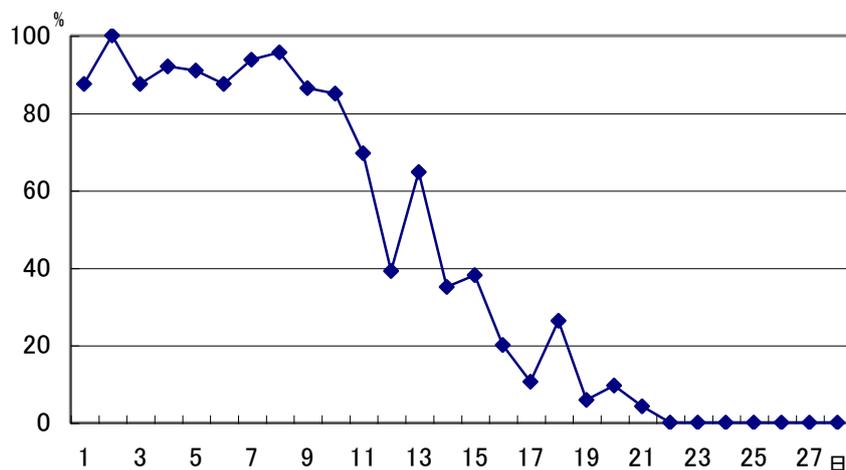
(2) 精液注入

採取した原精液 0.1ml 中には、約 3~5 億の精子がある。原精液であれば雌 1 羽当たり 0.01ml 以上であれば 9 割程度の受精率は期待できる。ただし、通常の授精では雄個体によって生存精子数が少ない場合や活力が悪い場合があるため、原精液の場合では 0.02~0.03ml、希釈精液の場合は 3~4 倍希釈で 0.05~0.1ml と多めに注入した方が無難である。

注入方法は、まずケージを開け雌の両足をつかみ半身引き出す。尾羽はケージの内側に引っかけて鶏の左側を斜め上に保定する。雌の両腿を挟むようにして腹部を軽く圧迫し、総排泄腔の左部分を圧迫すると卵管が露出する。腹部を圧迫しすぎると総排泄腔全部が露出して卵管に注入しにくくなり逆流もおこすので注意する。

注入器具は、原精液を用いる場合と希釈精液を注入する場合で異なる。原精液の場合は、先端を丸くしたパスツールピペットの様なものや、特殊な分注器が用いられる。希釈精液の場合は、1ml のツベルクリン用シリンジなどが使われる。希釈液は、レーク液やベルツビル液が良い。リンゲル液やタイロード液、PBS などは多量の塩素イオンを含んでおり、鶏の精子に有害に働くため良くない。

注入は、出来るだけ午後 2 時過ぎに行うことが好ましく、注入時刻が早いと卵管腔部に卵が存在して受精率が低下する。



ニワトリの 1 回の人工授精で得られた受精率の推移

(人工授精の 2 日後を 1 日目とした)

精液希釈液の組成表

	g/100ml DW	
	ベルツビル家禽精液希釈液 (BPSE)	レーク液 液状精液用
グルタミン酸 Na · H ₂ O	0.867	1.92
グルコース		0.6
フルクトース	0.5	
酢酸 Na · 無水		0.51
酢酸 Na · 3 H ₂ O	0.43	
酢酸 Mg · 4 H ₂ O		0.08
塩化 Mg · 6 H ₂ O	0.034	
クエン酸三 K · H ₂ O	0.064	0.128
リン酸水素二 K · 3 H ₂ O	1.27	
リン酸二水素 K · 無水	0.035	
TES ^{注)}	0.195	
pH	7.5	7.2
浸透圧	333	360

注) TES (テス) : N-トリス (ヒドロキシメチル) メチル-2-アミノエタンカルボン酸

BPSE 作製に当たっての注意点

リン酸と Mg を混合すると沈殿することがあるので、塩化 Mg とクエン酸三 K の混合溶液を別に作製しておき、その他の試薬の溶解液と最後に混ぜる。

硫酸ゲンタマイシンを1mg/100ml DW 添加すると、精子のためにも希釈液の保存のためにも良い。

一度に多くの量を作製して長く使用する場合は、2倍の濃度で希釈液を作製しておき、使用する時に必要量だけを取り出して蒸留水で2倍に希釈する。

【採精準備】



① 混合精液の場合の準備。PPチューブに希釈液を入れ、プラスチックカップとツベルクリン注射器をセットする。



② 希釈液を分注器（連続注射器）を用いて分注する。



③ 個体精液の場合の準備。カップも個体数必要。

注入器はディスポのツベルクリン注射器

試験管はPPチューブ（φ12×75mm）

試験管立てには、フリージングコンテナの本体Bに、中仕切No. 08を用いている。

（TGKの科学機器総合カタログ参照）

試験管立ての上部にはラベリングテープ（KGE）を貼り、雄の人工授精番号を記入する。

試験管立ての側面にはテープを貼り、交配させる雌ケージ番号を記入しておく。

【精液の注入】



① 左手で鶏の足をつかみ、尾羽をケージに引っかける。右手に持っているのは、ツベルクリン注射器に希釈精液を入れたもの。



② 右手の小指で軽く足を持ち替え、左手で両腿を腹側からつかみ直す。



③ 左手で両腿を掴み、親指で左の腿の付け根部分を押しと卵管だけが露出する。



④ ツベルクリン注射器の先を1~2cm程度入れた所で両腿の圧迫をゆるめ指元で注入する。



⑤ 二人で行う場合。一人が右手で足を持ち、左手で両腿をつかむ。左手人差し指で左の腿の付け根部分を押し。片手で反転しない時でも両手を使った場合に反転する場合がある。



⑥ もう一人の注入者によって精液を注入しているところ。

(3) 種卵採取

排卵は放卵後約 30 分から 1 時間後におこるので、人工授精を行っている時は、すでに卵管に翌日放卵される卵が形成されている。このため種卵(受精卵)は精子注入の翌々日から採取できることになる。人工授精の際に、卵管腔部に卵があると精子の上昇が妨げられ受精率は低下する。このため、人工授精の時間帯はほとんどの雌が放卵を終えた午後に行う。精子は卵管内の精子貯留腺内に 2 週間程度までは生きていられる。しかしながら、高い受精率を得るには週に 1~2 回の人工授精が必要である。

(4) 精液の液状保存

ニワトリ精液は原精液の場合 2~3 時間で受精率は極端に低下するため、採精から人工授精までを 30 分~1 時間以内に完了させる必要がある。採精後すぐに希釈すれば精子の寿命は延長し、希釈液にもよるがベルツビル家禽精液希釈液 (BPSE) の場合 3 倍希釈にして低い温度で保てば、2~3 時間たっても受精率は低下しない。なお、30~37.5℃と精液を暖めると精子は活発に運動したのち死亡するので逆効果となる。また、BPSE で 3 倍希釈した精液は、5℃保存であれば 1~2 日間の保存が可能である。ただし、この場合の注入は凍結精液の注入で行われる腔深部注入を行い、注入量は雌 1 羽に対して 0.1ml 行う。保存中の細菌増殖を抑えるために BPSE には、硫酸ゲンタマイシンを 1mg/100ml 添加して用いる。採精も凍結精液の場合のように透明液をあまり入れないように採取する。輸送する場合は、5℃の宅配便で行えるが、この場合の注入は採精希釈した日の翌日が良い。

脇道コラム 雄の毛刈り

採精をするのに、総排泄腔周囲の羽根の一部が邪魔になるので、これを取り除くことを毛刈りと呼んでいます。いちばん簡単で良い方法は、総排泄腔の周りの細い羽を指で抜き取る方法で、こうすることによって、総排泄腔が見やすく精液が受けやすくなります。また、総排泄腔の周囲に糞も付かなくなるなどの効果もあります。ハサミで刈り取る方法もありますが、広い範囲を切りすぎて、羽が手にチクチク当たり、長くなると羽の軸が余計に邪魔になるので良くありません。一人で採精する場合は、蓑毛が邪魔になるのでこれは人によってハサミで切り込む場合もありますが手でどこかだけでも十分です。採精する直前に羽根を抜くと、精液が出なくなるので本番前に行っておく必要があります。

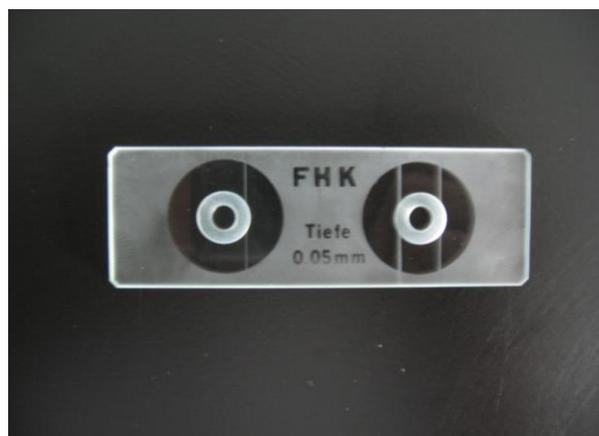
2. 精子検査法

ニワトリの場合、精子活力と受精率の相関が高くないこともあり、1羽1羽を検査することはほとんど無い。検査する場合として、特に受精率が低い鶏群があった場合の検査や、凍結精液や液状精液の保存などの試験で行われる。

検査はまず、精子性状検査板に白金耳で一滴たらし、カバーガラスをかぶせて 30℃ に加温して検査する。なお、鶏精子は 37℃ まで加温すると運動が停止してしまうため温度には注意する必要がある。



精子性状検査板



精子性状検査板 (2連式)

(1) 精子活力検査

(ア) 精子生存指数

精子生存指数は精子の生存を表す指標として、国内では一般的に用いられている方法である。まず5段階に活力を分け、活力ごとの重み付けに精子割合をかけて総和を100で割って算出する。

精子活力の分け方は、

- +++ : 非常に活発な前進運動 (100)
- ++ : 活発な前進運動 (75)
- + : 緩慢な前進運動 (50)
- ± : 旋回または振子運動 (25)
- : 全く運動をしない (0)

で、() 内は重み付けの数値。+++の精子が 60%生存し、++の精子が 20%生存していた場合は、 $(60 \times 100 + 20 \times 75) / 100 = 75$ で生存指数は 75 となる。指数にしない場合は生存率を記号の左に書き、単に 60+++、20++と表現をする。これを更に省略して、80+++~++といった書き方をする場合もある。

(イ) 5段階評価法

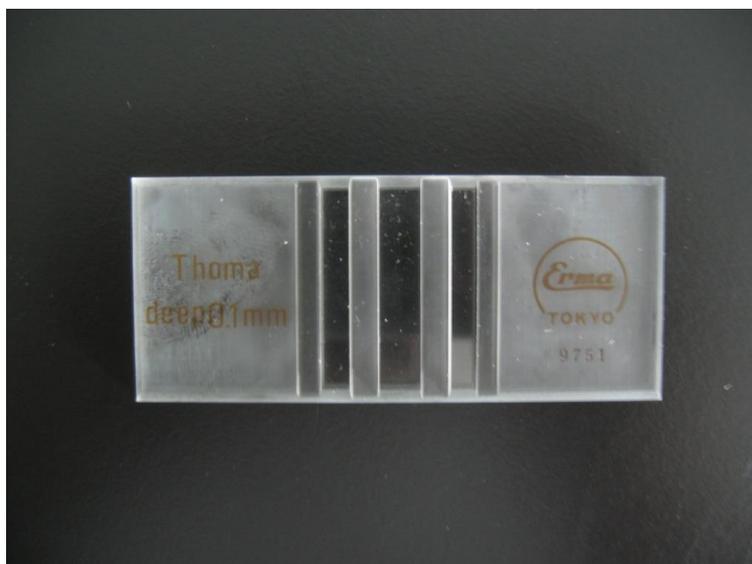
アメリカなどでは5段階が一般的で、1 (30%以下の生存率で前進運動無し)、2 (30～50%の精子が弱い前進運動)、3 (50～70%の精子が活発な運動と緩慢な前進運動)、4 (70～80%の精子が活発な前進運動と旋風運動)、5 (80%以上の精子が非常に活発な前進運動と強い旋風運動)とする。凍結精液の試験などでは、融解後の精子生存率が低くても活発に運動して見える場合もあるので、この評価法は上手く当てはまらない。

(2) 精子数の測定

(ア) 血球計算盤での算出

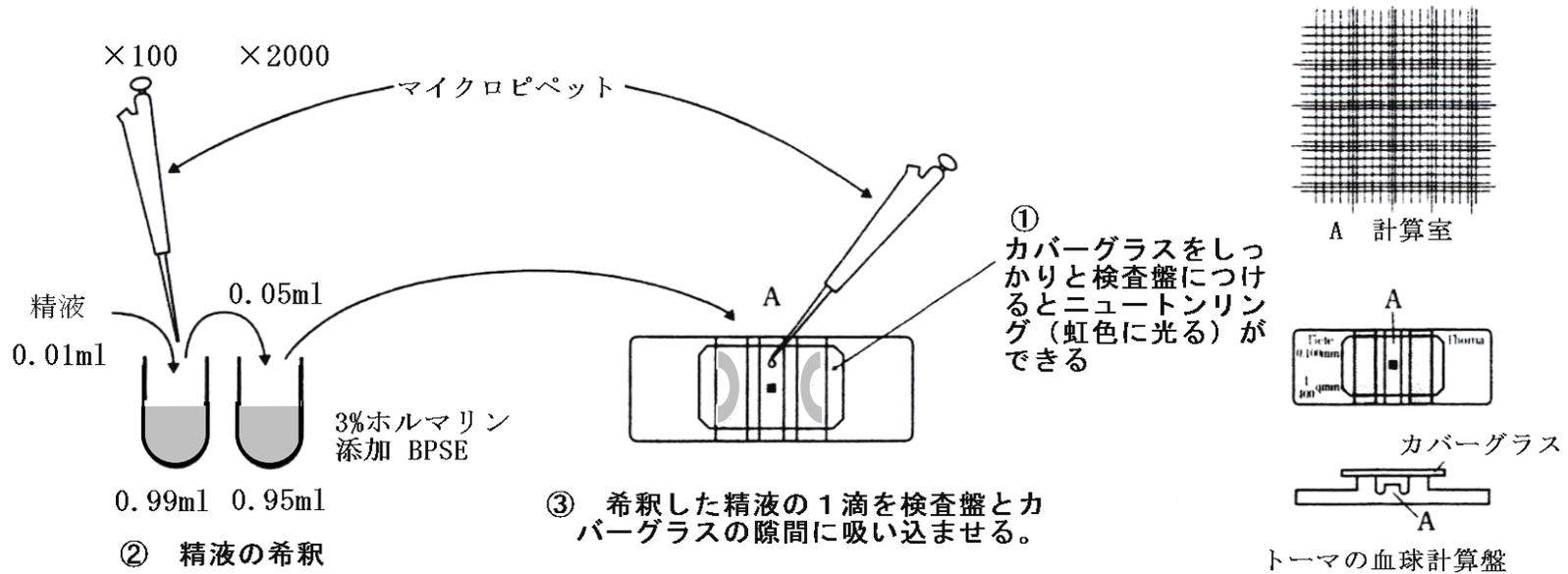
通常の前精液であれば2000倍に希釈する。メランジュールを用いるよりも小試験管を用いて2～3回に分けて希釈する方が誤差が少なく行いやすい。原精液が特に薄い場合は、1000倍に希釈する。希釈液は、奇形率を調査しないのであれば生理食塩水でも良いが、奇形率を調査するのであれば3%ホルマリン入りの精液希釈液で希釈する。

計算盤は、縦横高さが $1 \times 1 \times 0.1\text{mm}$ なので、全区画の精子数の10000倍が 1cm^3 の精子数となる。計算盤は 0.1mm の深さがあるので、精子の位置によりピントがずれる。このため、上下にピントを動かしながら全ての位置の精子数をカウントする必要がある。



トーマの血球計算盤

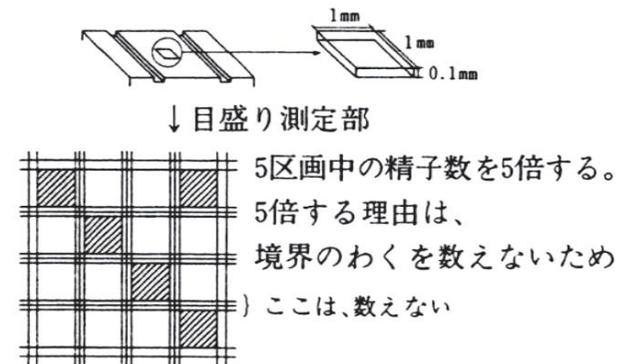
精子数の測定手順



単位表と原理

(単位表)	l	ml(cc)	μl
l	1	1000	1000000
ml(cc)	0.001	1	1000
μl(マイクロリットル)	0.000001	0.001	1

$$1\text{cc} = 1\text{cm}^3 = 1\text{ml} = 1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm} \\ = 10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 10\text{mm} = 1000\text{mm}^3$$



(イ) 分光光度計での算出

1000～2000 倍に希釈した精液を、分光光度計のセルに移し吸光度を測定し、あらかじめ計算してある換算表と対比して精子数を求める。

換算表は、精液の希釈倍率を 1000 倍、1500 倍、2000 倍としたサンプル各 20 個程度について、分光光度計による吸光度と血球計算盤での計測から回帰式を求めて作成する。品種系統によっても異なるので、各系統で作成しておく必要がある。



(株) アペレの分光光度計 PHOTOMECH-301

波長を 920nm にセットする。円筒型のセル（外径 12φ、内径 10φ の小試験管）に精液を 1.5ml 分注して測定する。

(3) 奇形精子率

トーマの血球計算盤で奇形精子数をカウントして算出する。鶏精子で最も多い奇形は、頸曲がり精子と呼ばれるもので精子の頸部で折れ曲がっており、正常精子と変わらない運動を示すが受精能力はない。塩素イオン (Cl⁻) が多いと頸曲がり精子が増加するので、食塩水による希釈は行わず、BPSE や Lake 液などの精液希釈液にホルマリンを 3% 程度加えて検査する。その他の奇形としては、尾曲がり、尾切れ、未成熟精子などがある。

脇道コラム 雄の強制換羽

産卵が低下した雌鶏を再び高い産卵率に戻すための方法として、雌鶏においては絶食絶水による強制換羽が行われます。雄鶏で、この絶食による強制換羽を実施すると精巣が萎縮してしまい精液が出なくなり、再び精液を出すようになるまでには3~6ヶ月かかります。中には6ヶ月以上経過しても造精機能は回復されないものもいるため、雄鶏での強制換羽は行ってはいけません。自然換羽の場合は精巣の萎縮は見られないので問題ありません。

脇道コラム 肉斑（ミートスポット）

卵の卵白内にある肉片の様に見える小さいものが肉斑と呼ばれるもので、赤玉鶏に多い特徴があります。以前は、輸卵管の組織の一部が剥離したものに卵管内で分泌されたプロトポルフィリンが沈着したものとされていました。本当のところは解っていません。色素のプロトポルフィリンは卵管子宮部で分泌されるので、卵はすでに卵殻膜が形成されていることから、卵白中の物質に色素が沈着するとなると卵管の膨大部で色素が分泌されていることとなります。また、肉斑にはカルシウム成分があるとの話もあることから、卵が膣部に移行した後に、子宮部で分泌されたカルシウムと色素が共に卵管の蠕動運動によって上昇している可能性があります。

肉斑の出現率ですが、赤玉では30%、白玉では1~2%であるとされています。白玉では白い肉斑になるので同じものでも肉斑と判断できていない場合も多いこともあります。ピンク卵では赤玉と同じ色の肉斑となります。青色卵のアローカナでは、白い肉斑となります。

3. 自然交配

(1) 大群交配

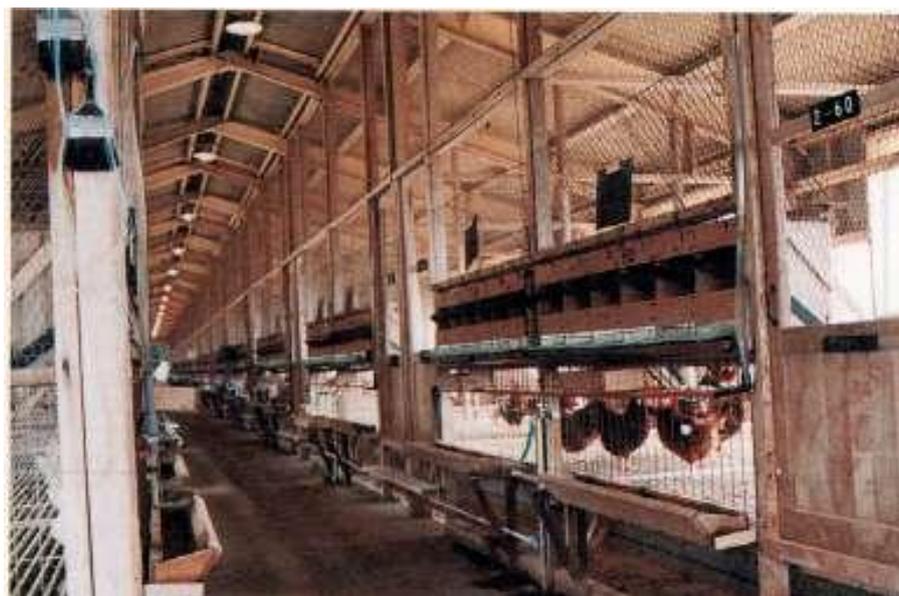
雄雌とも複数の鶏を平飼い鶏舎に収容し自然交配させる方法。雄 1 羽に対し、雌 10～13 羽の割合で飼育する。通常 1 室に雌 100 羽、雄 8～10 羽を入れる。床面積当たりになると 5～6 羽/m²の雌を収容することとなる。ネストの数は、100 羽の雌に対して 20～25 個を設置する。雄と雌の比率は品種系統により異なり、通常、白玉鶏の場合は雌の数を多くし、赤玉鶏の場合は雌の数を白玉鶏より少なくする。

(2) 単雄交配

1 羽の雄と複数の雌で自然交配させる方法。雌の数は 10～13 羽程度が良い。床面積当たりは、3～4 羽/m²が良く、トラップネストを 6～8 個設置する。この方法は、最近ではあまり行われていないが、個体記録を取りながら自然交配で種卵を採取する方法として行われていた。

雌しか飼育していなかった部屋に雄を放つときは、大切に送り出すように放す。摘んでポイとゴミでも捨てるように入れると雌からいじめられる場合があるので注意する。交配経験のない雄を放した場合は、受精率が安定するまでには 2～3 週間かかるので、2 週目の種卵の受精率を調査して、受精率が低い場合は雄の交換を行う。

自然交配していた雄を、ケージに戻して直ちに採精しようとしても精液量が極端に少なくなるので、1 週間程度経過してから採精するのが良い。



単雄交配鶏舎

(3) 群飼ケージ交配

通常の自然交配は、平飼いが行われているが、雄と雌をケージで飼育して種卵をとる場合があり、雄の数はケージの大きさによって変える。この場合のケージの構造としては、ケージの高さは 90cm 程度が良く、低い場合は受精率が低下する。ケージ床は、堅くすると受精率は高くなるが破損卵が増加し、柔らかいと破損卵は減少するが受精率が低下する。ケージの奥行きを 90cm とすると、両端と真ん中の 3ヶ所にアングルを通し、クッションとしてビニールホースの片側を切ったものをアングルに被せてケージを固定する。卵受けの長さは、最低でも 20cm は必要で、浅い場合は卵がケージの端に集中してしまい、卵が鶏に突かれて破損卵が増加する。ケージ床の角度は 8 度が良く、これは通常の雌ケージと変わらない。角度が大きいと卵の転がる速度が増して破損卵が増加し、角度が小さいと卵受けに転がってこないため、汚卵が増加したり鶏に突かれるため破損卵も増える。



ネスト付きの群飼ケージ

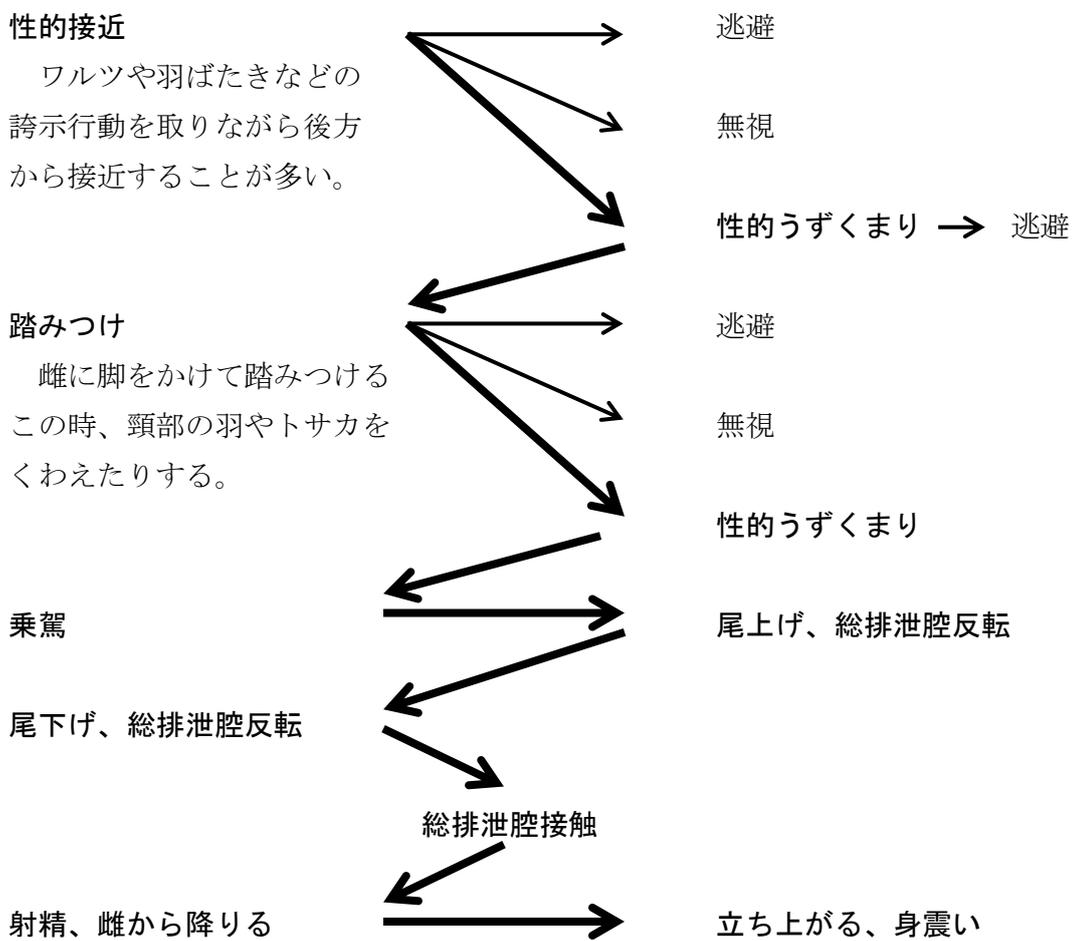
個体記録が取れるようにトラップネストを設置した群飼ケージ。

(4) 性行動

雄の求愛動作には、次のようなものがある。雌に近づく動作としては、片側の翼を落とし小刻みなすり足で雌の周りを歩くワルツィング、頸を伸ばして頸羽を立てて後ろから雌に近づく動作、また、胸を張って高く足踏みしながら雌の周りを回る動作などがある。雌の注意を引こうとする動作としては、床の上のものを足で引っ掻き、ついで、特徴ある声を上げるといった一連の動作（ティッドビッティング）、体とくちばしで巢作りをするネスィティング、翼をバタバタさせたり（ほろ打ち）、その後で飛び上がったといった行動がある。

雄の求愛動作に対して、雌はうづくまることによって雄を許容する。雄は後部から乗り、雌の背中に足をおいてくちばしで冠、後頭部または頸部の羽をくわえる。雄が足で雌の背中に圧力をかけると雌の尾羽は上がり総排泄腔が反転する。雄は尾を下げて同じく総排泄腔を反転させて雌の総排泄腔と接触させて射精する。交尾が完了すると雄は前へ進み、雌は身震いを行い同時に総排泄腔はもとに戻る。鶏の交尾時間は数秒しかかからない。雄の接近に対して雌は全て許容するわけではなく、いったん許容したのち逃避することもあり、雄が雌に接近したうち交尾に至る割合は15%程度と言われている。

交尾は夜間には見られず、明期でも午後に多く行われる。早朝にもやや多く行われ、昼前後は少ないとされている。1日の交尾回数は個体によっても大きく異なり、交配させる雌の数によっても変化する。通常、雄1羽に雌1羽の時は雄の交尾回数は10～15回であるが、雌の数を増加させると交尾回数も増え、雄1羽に雌10羽程度を交配させた時は、雄は1日に50～60回の交尾を行うこともある。



ニワトリの性行動連鎖

脇道コラム 属間交配と種間交配

同じ科または上科の中で異なる属との交配を属間交配と呼び、同じ属の中で異なる種同士の交配を種間交配と呼びます。ニワトリの場合は、同じキジ科の中でもキジ、シチメンチョウ、ウズラ、ホロホロチョウ、クジャク等との交配が属間交配で、野鶏との交配が種間交配となります。

ニワトリ×キジでは、雄雌どちらにしても F_1 は発生します。ただし、 F_1 の繁殖能力は不能でラバ（ロバとウマの交配種）などと同じです。ニワトリ×シチメンチョウは、ニワトリの精子を用いて F_1 は出来ませんが、 F_1 の繁殖能力はやはり不能です。発育は両者の中間となります。ニワトリ×ウズラも、ニワトリの精子を用いて F_1 は出来ませんが、 F_1 の繁殖能力は不能となります。ふ化日数は両者の中間で 19 日となります。発育は両者の中間で、白色レグホーンの精液を用いると羽色は白となり、トサカはウズラのように無くなります。受精率は 7% と低く、ふ化率も 0.5% と非常に低いもので、 F_1 の雌はふ卵して 60～70 時間後に死亡して、ふ化するの雄のみだそうです。ニワトリ×ホロホロチョウ、ニワトリ×クジャクでも F_1 の作出に成功しているようです。

野鶏との交配は、どれも F_1 は出来ませんが、繁殖能力があるのは赤色野鶏（セキショクヤケイ）を交配した時だけで、他の緑襟野鶏（アオエリヤケイ）、灰色野鶏（ハイイロヤケイ）、セイロン野鶏（セイロンヤケイ）との交配では F_1 の繁殖能力はありません。緑襟野鶏の染色体は、第三番目の染色体がニワトリとは異なっており、ニワトリでは長腕しかない端部動原体型であるのに対し、緑襟野鶏では長腕と短腕のある次端部動原体型であり、微小染色体が 3 番目の染色体に転移しています。