

## 生命科学実験動物としての ソメワケササクレヤモリの飼育・繁殖方法

野 村 真

京都府立医科大学大学院神経発生生物学・生物学教室

### はじめに

医学・生命科学研究における「モデル生物」とは、特定の生命現象の解明に最も適した性質を持つ生物のことをさす。ところが、実際の研究現場で使用されている実験動物の種類は極めて限定されており、現在は哺乳類であるハツカネズミ（マウス）が使用されていることが圧倒的に多い。これはマウスを用いた古典遺伝学、分子遺伝学的解析手法が飛躍的に発展したおかげであり、マウスは今やこの分野における最もスタンダードな「モデル生物」として認知されている。しかしながら、分類学的にマウスは哺乳類・ネズミ目の一系統に過ぎず、系統進化学的に哺乳類の祖先型に近いわけでもない。さらに言えば、進化形態学的には哺乳類系統そのものが非常に特殊化した表現型を獲得しているため、ヒトを含めた哺乳類系統の特徴を理解するためには哺乳類以外の動物の比較研究が必要となる。

哺乳類は爬虫類とともに羊膜類と呼ばれる動物群に属する。分類学的に爬虫類は「鳥類型爬虫類（いわゆる鳥類）」と「非鳥類型爬虫類（いわゆる一般的に認知されている爬虫類）」とに区分される [1]。このうち、特に非鳥類型爬虫類（以後、爬虫類と呼ぶ）は、生物学的には重要な分類群であるが、これまで医学・生命科学研究の対象として扱われることは非常に少なく、爬虫類の特性や飼育管理方法もほとんど知られていない。本稿では、筆者が現在維持しているマダガスカル産の地上性ヤモリ（ソメワケササクレヤモリ）を取り上げ、この動物の飼育・繁殖方法について紹介することで、実験動物としての爬虫類の普及に貢献したい。

### ソメワケササクレヤモリの入手方法

ソメワケササクレヤモリ (*Paroedula picta*) は爬虫綱有鱗目ヤモリ科に属する動物であり、マダガスカル島に生息する地上性のヤモリである (図 1)。成体の体長は最大でも 20cm 程であり、茶褐色模様の体色と皮膚の突起物が和名の由来となっている。夜行性で、昼間は物陰に隠れていることが多いが、夜間は活発に活動し昆虫などの小動物を捕食する。ヤモリ科ではあるが日本のヤモリとは異なり垂直の壁をよじ登ることが不得意である (しかし後述する幼体は容易に壁をよじ登る)。日本ではペットとして飼育されることも多いため、国内の爬虫類専門店にて取り扱われている。希少種ではないためそれほど高額ではない (価格は個体の大きさによっても異なるが、一匹 5000 円から 1 万円前後である)。また、国内の繁殖家によって繁殖された個体を販売する会などでも入手することが可能であり、野生種の資源保護の観点からも国内繁殖個体を用いることが推奨される。

成長の早い個体は孵化後半年くらい性成熟を迎える。成長すると雄は総排泄腔の両側にあるヘミペニスの部位が膨らんでくるため、雌雄の判別が可能となる。雌は性成熟を迎えると無精卵の産卵を始める。しかしこの段階で雌を交配させてしまうとその後の産卵能力が低下することが多いため、雌は生後 1 年くらい経過するまで交配を控えた方が良い。



図 1 カルシウムダストをまぶしたコオロギを捕食するソメワケササクレヤモリ。写真は Happy BallPython 氏より許可を受けて転載。

ソメワケササクレヤモリの寿命は10年前後と言われているが、飼育環境下でも個体によって生存年数が異なる。産卵のストレスのためか雌は雄よりも寿命が短いようである。

ソメワケササクレヤモリには体色の異なるいくつかの系統が存在するが、いわゆる近交系ではない。この動物の染色体数やゲノム情報の詳細は現在不明であるが、最近理化学研究所の研究グループよりトランスクリプトームのデータが公開されている [2]。また、同じ有鱗目であるグリーンアノール（アノールトカゲ）のゲノム情報は既に公開されている [3]。ちなみにグリーンアノールは日本では特定外来種として指定されているので、一般に飼育が認められない。

### ソメワケササクレヤモリの飼育環境

ソメワケササクレヤモリの飼育は比較的容易である。一般的なプラスチック製の飼育ケースに爬虫用砂あるいは植物栽培用のバーミキュライトを敷き、中に隠れ家としてのシェルター、水分補給用の水差しを用意する。我々の研究室では汚れても廃棄が可能な紙製のニワトリ卵ケースをシェルターとして使用している。爬虫類は一般的に水分摂取量が少ないが、あまり乾燥すると後述する脱皮不全を起こすので、1日1回霧吹きで水分を散布すると良い。飼育温度は28～30℃が適温とされている。夜行性なので、夜間は照明を落とす必要がある。我々の研究室ではタイマー照明装置を取り付けた飼育室で、12時間の明暗サイクルを維持している。成体は壁登りが得意ではないが、幼体や体の小さい個体はケージの壁をよじ登ることができるので、逃亡できるような隙間の無い蓋が必要である。個体識別を行うためにも成体は1個体ずつ付けて飼育する必要がある。我々は出産日あるいは入手日を元に個体番号を振り飼育管理を行っている。万が一ケージから逃亡しても飼育室内からの逃走を防ぐため、扉の内側に逃走防止板（マウス飼育室と同じもの）を設置する。また、排水溝などもメッシュで覆う必要がある。このヤモリの飼育に紫外線ライトの照射は必要ないとされている。

### 給餌方法

ソメワケササクレヤモリは主に生きた昆虫を捕食するため、生き餌を継続的に入手する必要がある。我々は養殖業者（月夜野ファーム）よりコオロギ（フタホシコオロギ）を入手しヤモリと並行して飼育している。コオロギの幼体は飼育ケースの蓋より

容易に逃亡するので、蓋の内側をナイロンメッシュで覆う必要がある。コオロギの飼育環境もヤモリとほぼ同様であるが、飼育そのものが目的では無いためパーミキュライトは必要無い。

コオロギ以外では、デビュア（マダガスカルに生息する羽の無いゴキブリ）やハニーワーム（ハチミツガの幼虫）なども餌として入手可能である。しかしながら、デビュアは土に潜る性質があるため、その場合はヤモリが発見できなくなる。またハニーワームは容易に壁をよじ登ること、また自身の分泌液で巣を作るため、このような場合もヤモリが餌として認識できず捕食できない。さらにハニーワームは養蜂家にとって害虫であるため、脱走、羽化させることは厳禁である。こうした理由により、現時点ではコオロギが餌として最も適していると思われる。

ヤモリの幼体、また抱卵中の雌は多量のカルシウムを必要とするため、コオロギをカルシウムパウダー（マルベリーカルシウム）でまぶしてからヤモリに与える（図 1）。爬虫類用のカルシウムパウダーは市販されている。餌（コオロギ）は成体ヤモリであれば数日に一回、幼体あるいは抱卵中の雌ヤモリには毎日与える。

## 交配と産卵

性成熟を迎えた雄と雌を 1 つのケージに同居させると、相性が良ければすぐに交尾行動が始まる。雄が雌の背中にのり、ヘミペニスを雌の総排泄腔に差し込む様子が観察されれば交尾行動を行っていると思われる。交尾後 1 週間くらい経過すると、雌の産卵が始まる。一回の産卵で通常 2 個の卵を放出し、1 週間から 10 日間隔でこれを繰り返す。一回の交尾後、長い個体は半年以上継続して産卵し続けるが、産卵個数と期間は個体によって大きく異なり、中には交尾してもまったく産卵しない個体や、数回しか産卵しない個体もある。卵は基本的に産卵後放置されるので、卵を見つけたら親が破壊しないように卵を別の容器に移す必要がある。孵卵には特別な装置は必要なく、パーミキュライトを敷いた小さな容器に卵を移して、ヤモリを飼育するのと同じ温度条件で静置すれば良い。産卵後、雌が卵をケージの底面に押し付けると、卵の外殻がケージに密着してしまうことがある。このような場合は無理に卵を単離せず、親を別のケージに移してから、実際に卵を実験に用いるときに卵殻を壁面から外した方が良い。

有精卵であれば、1 週間ほど経つと卵内での血管の進展が認められる。順調に発生

が進行すれば、産卵後 60 日前後で幼体が孵化する。孵化後、最初の脱皮を行うとすぐに餌を捕食し始める。孵化直後の幼体は小さいため逃亡の危険が高いため、通常のケージではなく蓋が密閉できるプラスチック製のタッパで飼育すると良い。餌は幼体が捕食できるサイズのコオロギ幼生（1 令もしくは 2 令幼虫）を一日数匹～10 匹程度与える。幼生の体色は褐色とクリーム色の横縞である。生存を確認するために、幼体でも個別に飼育した方が良い。爬虫類は胚発生時の温度によって性が決定される種もあるが、ソメワケササクレヤモリにおいて温度依存的な性決定機構は報告されていない。

### 飼育環境下で頻発する病気

飼育環境下での主な死亡原因は病気である [4]。以下、飼育下で頻発する疾患あるいは健康障害の原因と症状、対処法を記載する。

#### 1) 拒食

飼育下の爬虫類に最も多い病気である。餌を与えても翌日捕食されていない、こうした状態が数日継続した場合は拒食が疑われる。拒食はなんらかのストレスが原因であることが多いが、ストレスの原因は特定できないことも多い。生き餌の存在そのも



図2 指先の脱皮不全を起こしたヤモリ。前肢と後肢の指先に白い皮が付着したままになっている。くる病によって前肢、後肢の骨が曲がっていることが脱皮不全の原因と思われる。写真は筆者撮影。

のがストレスである場合もあるので、このようなときは餌を一旦回収し、しばらく期間をおいてから再度給餌を試みる。餌に興味は示すが、なんらかの原因でうまく捕食できないような場合には、餌をピンセットで保定してヤモリに捕食させると給餌できる場合がある。後述する「くる病」や脱皮不全によって餌が捕食できない場合には、まずこうした別の疾患に対処する必要がある。

## 2) 脱皮不全

ヤモリは一定間隔で脱皮を繰り返して成長する。脱皮の際は、まず体全体が白っぽくなり、そのうち体の一部の皮が剥け始める。何らかの原因で脱皮がうまく完了できない状態が脱皮不全である。健康な個体であれば短時間で脱皮が終了するので、日中観察した際に体に皮が一部残っている状態が認められた場合には、その個体は脱皮不全を起こしている可能性が高い。脱皮不全はなんらかの体調不良のサインでもあるが、特に冬場は乾燥しやすいので脱皮不全が起こりやすい。また、くる病などで運動機能に障害を起こした個体でも脱皮不全が頻繁に起こる。体の中でも特に指先の皮は残りやすく、そのまま放置すると血行障害を引き起こすので早急に皮を剥く必要がある(図2)。我々はヤモリを保定し、ピンセットを用いて物理的に皮を剥いている。近年、皮膚浸透性の高い脱皮促進剤(Arion Shed)も市販されており、こうした薬剤も脱皮の促進には効果があると思われる(脱皮促進剤は我々の皮膚に付着しても特に害はない)。

## 3) くる病

抱卵中の雌は卵殻形成にカルシウムを必要とするため、体内からカルシウムが欠乏してくる病になりやすい。最初に手足の四肢のむくみが起こり、徐々に体の姿勢を保持することが困難になる。やがて骨がもろくなるため、上腕骨や下顎、背骨の骨折や湾曲が起こる。また、接触などの刺激により痙攣を起こすこともある。カルシウムの経口投与以外にあまり有効な治療がなく、一旦くる病にかかると完治は困難であるため、なるべく症状が軽いうちにカルシウム補給を行う必要がある。また、抱卵中の個体にはなるべく多くのカルシウムを餌にまぶした方が良い。

## 4) 甲状腺障害

雌はカルシウム不足になりがちであるが、雄の場合逆に過剰なカルシウムが甲状腺障害を起こすことがある。喉が腫れ、眼球が飛び出してきた場合には甲状腺の機能亢進状態が疑われる。このような場合には、市販のヨード入り薬剤を水で薄めて経口投



与すると症状が改善される場合が多い。

#### 5) 卵詰まり、糞詰まり

交配していない雌、あるいは交配しても産卵しない雌の腹部が異常に膨れている場合には、卵巣あるいは輸卵管内で卵が詰まっている可能性がある。この場合、麻酔下で動物を開腹して内容物を除去する以外に根本治療が無い。

マウスなどの小型実験動物の麻酔設備が整っていれば同じ器具でヤモリの麻酔が可能である。我々は吸入麻酔薬であるイソフルランを用いてヤモリの麻酔下での手術法を確立した。小型吸入麻酔装置 (Univentor 410) を使用した場合、400mL/min、4.0% の条件でヤモリを麻酔することが可能である。哺乳類と比較すると爬虫類は代謝が低いため、麻酔の効果が現れるまでに時間がかかる。十分に麻酔された状態で腹部皮膚と筋肉を切開し、輸卵管内に卵塊あるいは体液が認められた場合、輸卵管を切開して内容物を除去する。腸管内の食物残渣物の蓄積 (いわゆる糞詰まり) が腹部膨張の原因であることもあり、この場合も輸卵管と同様に腸管を切開して内容物を除去する。切開後、管を縫合し、腹腔内を抗生物質 (1:100 ペニシリン/ストレプトマイシン、1:1000 ゲンタマイシン) を含んだ生理食塩水 (Hank's Buffered Saline Solution: HBSS) で洗浄し、腹部筋肉および皮膚を縫合する。術後数日経過したのち、給餌を再開する。

#### おわりに

哺乳類 (マウス) と比較して爬虫類は研究者人口が少ないこともあり、その入手方法や飼育管理方法がほとんど知られていない。また交配や繁殖が飼育下で困難であったり、性成熟までに時間のかかる種も多く、実験動物としてはなかなか普及していないのが現状である。その中でも本稿で取り上げたソメワケササクレヤモリは入手も比較的容易で、飼育・繁殖が非常に容易な種である。爬虫類の胚発生や生理学的特性、行動様式には未知の部分も多く、哺乳類とは異なる動物種を用いることで新たな研究課題の開拓にもつながることが期待される。「ヒト」の生物学的理解は生命科学の大きなテーマであるが、ヒトの特性が進化の過程でどのようにして獲得されたのかを探るためにも、比較生物学的観点は不可欠であると思われる。

#### 謝辞

ソメワケササクレヤモリの飼育方法に関しては東北大学理学部の田村宏治教授、関

亮平博士、愛媛大学の村上安則准教授より様々なご助言を頂いた。また成体ヤモリの入手に関しては関西レプタイルプロ、エキゾチックサプライ両店にご協力頂いた。またヤモリの写真は Happy BallPython 氏より提供頂いた。日々の飼育管理に関しては研究補助員である川見美里氏、大学院生の山下航氏、またヤモリを用いた研究全般に関して小野勝彦教授、後藤仁志助教その他生物学教室の方々のサポートに感謝したい。

#### 参考文献

- [1] 疋田努, 爬虫類の進化, 東京大学出版会 2002.
- [2] Y. Hara, K. Tatsumi, M. Yoshida, E. Kajikawa, H. Kiyonari, S. Kuraku, Optimizing and benchmarking de novo transcriptome sequencing: from library preparation to assembly evaluation, *BMC Genomics*, 16 (2015) 977.
- [3] J. Alfoldi, F. Di Palma, M. Grabherr, C. Williams, L. Kong, E. Mauceli, P. Russell, C.B. Lowe, R.E. Glor, J.D. Jaffe, D.A. Ray, S. Boissinot, A.M. Shedlock, C. Botka, T.A. Castoe, J.K. Colbourne, M.K. Fujita, R.G. Moreno, B.F. ten Hallers, D. Haussler, A. Heger, D. Heiman, D.E. Janes, J. Johnson, P.J. de Jong, M.Y. Koriabine, M. Lara, P.A. Novick, C.L. Organ, S.E. Peach, S. Poe, D.D. Pollock, K. de Queiroz, T. Sanger, S. Searle, J.D. Smith, Z. Smith, R. Swofford, J. Turner-Maier, J. Wade, S. Young, A. Zadissa, S.V. Edwards, T.C. Glenn, C.J. Schneider, J.B. Losos, E.S. Lander, M. Breen, C.P. Ponting, K. Lindblad-Toh, The genome of the green anole lizard and a comparative analysis with birds and mammals, *Nature*, 477 (2011) 587-591.
- [4] 小冢山仁, 爬虫類の病気ハンドブック カメ・トカゲ・ヘビ, アート・ヴィレッジ 2008.