

飼育下チーター (*Acinonyx jubatus*) の
繁殖管理に関する研究

2015 年

井門 彩織

目次

第1章 緒言

| | |
|----------------------------|----|
| 第1節 動物園での域外保全 | 5 |
| 第2節 大型ネコと繁殖 | 6 |
| 第3節 チーターとは | 8 |
| 第4節 希少動物における非侵襲的繁殖生理モニタリング | 9 |
| 第5節 鳴き声によるコミュニケーション | 9 |
| 第6節 本研究における目的 | 10 |

第2章 血統登録から分析した国内チーターの生存状況と繁殖傾向

| | |
|----------------------------|----|
| 第1節 緒言 | 12 |
| 第2節 方法 | 13 |
| 第3節 結果 | |
| (1) 国内で飼育されてきた個体の構成 | 14 |
| (2) 1931～2012年までの個体数変動 | 15 |
| (3) 繁殖 | 16 |
| (4) 死亡数と死亡原因 | 21 |
| (5) 導入個体と繁殖の関係 | 26 |
| (6) 複数雌が同時に繁殖に用いられていた期間の傾向 | 29 |
| (7) 2012年現在生存する個体の血統 | 31 |
| (8) キングチーターの血統 | 34 |
| 第4節 考察 | 36 |
| 第5節 小括 | 42 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 第3章 繁殖に影響する環境要因 | |
| 第1節 緒言 | 44 |
| 第2節 方法 | |
| (1) 行動観察 | 45 |
| (2) 糞中ホルモン測定 | 57 |
| (3) 鳴き声の録音・解析 | 57 |
| (4) データ解析 | 58 |
| 第3節 結果 | |
| (1) 行動観察 | 59 |
| (2) 糞中ホルモン測定 | 60 |
| (3) 成熟個体の鳴き声の分類 | 64 |
| (4) ペアリング | 68 |
| (5) 出産前後の行動変化 | 71 |
| (6) 仔の成長に伴う行動の変化 | 73 |
| (7) 仔の成長に伴う鳴き声の変化 | 74 |
| (8) 環境変化に伴う行動および鳴き声の変化 | 77 |
| (9) 雌の糞中エストラジオール-17 含量と雄の行動数変化 | 80 |
| (10) 雌雄の行動数の相関 | 82 |
| (11) 雄の鳴き声の変化 | 87 |
| 第4節 考察 | 89 |
| 第5節 小括 | 94 |
| 第4章 総括 | 95 |
| 要旨 | 98 |

| | |
|---------|-----|
| Summary | 103 |
| 謝辞 | 109 |
| 引用文献 | 110 |

第 1 章

緒言

近年、絶滅に瀕する野生動物種は増加し続けており、国際自然保護連合 (IUCN) は 2014 年現在哺乳類 36%、鳥類 14%、両生類 56% が絶滅の危機にあり、これらの野生個体が 1000 頭を下回った時点で域外保全に取り組むことを推奨している (Frankham 2002)。しかし、エキゾチックアニマルの繁殖生物学に関するデータは少なく、ほとんどの繁殖生物学はウシ、マウス、ニワトリ、ネコ などの家畜種と人を含む 14 種に限られている (村田ら 2011)。また、近縁種であっても繁殖生物学的特徴が異なることから、全ての種に近縁種の繁殖方法を適用することはできない。そのため、種ごとの繁殖技術の開発が重要である。本研究では、絶滅危惧Ⅱ類に指定されるチーター (*Acinonyx jubatus*) の繁殖管理に役立てることを目的とした。

第 1 節 動物園での域外保全

動物園では、絶滅の危機に瀕した野生動物の保全を使命の一つとしており、①絶滅の恐れのある動物に緊急避難の場所として、寝場所と食糧を提供し、獣医学的管理を行う、②生息環境が改善されるまで、世代を継続する、③野生復帰ができるように遺伝的管理を行う、といった 3 項目での貢献が期待されている (成島ら 2011)。日本動物園水族館協会は、1998 年「希少動物の保護増殖」を主要な事業として位置づけ、保存すべき優先種の決定や繁殖計画を策定した (渡辺 2000)。現在、ほとんどの絶滅危惧種の飼育繁殖計画は、90% の遺伝的多様性を 100 年間保持することを目標として策定されている (Frankham 2002)。これにより、全国の動物園・水族館の動物を一つの飼育下個体群とみなし、増殖すべき動物種の遺伝的多様性を確保することや単独で飼育されている個体の繁殖のために、「ブリーディングローン (BL)」と呼ばれる個体の貸し出しや交換が行われるようになった (渡辺 2000)。2011 年現在、動物園で計画的な繁殖が必要とされている哺乳類 36 種、鳥類 26 種は、日本動物園水族館協会によって設置された種の保存委員会主導

のもと、血統登録が行われている。また、国際的な動物管理システムの構築を目的とした国際種情報機構（ISIS: International Species Information System）では、73カ国の動物園・水族館 735 施設の 15,000 分類群 10,000 種、200 万個体の年齢、性別、血統、出生場所、死亡状況など生物学的な基礎データが蓄積されている（成島ら 2011）。これらの血統管理は、単に近親交配を避けるためだけでなく、飼育されている個体全てを 1 つの個体群とみなした将来的な個体数変動予測にも活用されており、域外保全における繁殖管理のために重要となっている（成島ら 2011）。

第 2 節 ネコ科と繁殖

ネコ科は全 37 種に分類され、オーストラリア、ニュージーランド、ニューギニア、スラウェシ、フィリピンの大部分、日本本土、マダガスカル、西インド諸島、南極、北極圏、太平洋などの島々以外の世界中に分布している（大石 2013）。これらの野生種は、Johnson et al. (2006) によって分子系統学的研究により、Domestic cat Lineage, Leopard cat Lineage, Puma Lineage, Lynx Lineage, Ocelot Lineage, Caracal Lineage, Bay cat Lineage, Panthera Lineage の 8 つの系統に分類が改められた。これらの全ての系統において、多くの種が絶滅危惧種に指定されている（表 1-1）。

絶滅危惧種に指定されるネコ科の保全には、域外・域内両方での保全が重要とされている。動物園などの飼育下個体は、保全に重要な生理学、行動、病理および生態などを研究するうえで重要となっている。これらの飼育下個体における研究により、ほとんどのネコ科において繁殖生理は解明されてきた（Wildt et al. 1998）。しかし、季節繁殖（Brown 2011）や光周期に敏感である事（Brown et al. 2002）、同居飼育による発情の抑制（Wielebnowski et al. 2002）など、種によりさまざまな特徴があることから、更なる飼育下個体における研究が重要である。

表1-1. ネコ科動物種と絶滅危惧

Table 1-1. Felidae species and Red list (Johnson et al. 2006; Hunter 2011)

| Japanese name | English name | Zoological | Red list * |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|------------|
| Domestic Cat Lineage | | | |
| イエネコ | Domestic cat | <i>Felis catus</i> | – |
| ハイイロネコ | Chinese desert cat | <i>Felis bieti</i> | VU |
| ヤマネコ | Wild cat | <i>Felis silvestris</i> | LC |
| クロアシネコ | Black-footed cat | <i>Felis nigripes</i> | VU |
| スナネコ | Sand cat | <i>Felis margarita</i> | NT |
| ジャングルキヤット | Jungle cat | <i>Felis chaus</i> | LC |
| Leopard Cat Lineage | | | |
| マヌルヤマネコ | Pallas's cat | <i>Otocolobus manul</i> | NT |
| サビイロネコ | Rusty-spotted cat | <i>Prionailurus rubiginosus</i> | VU |
| ベンガルヤマネコ | Asian leopard cat | <i>Prionailurus bengalensis</i> | LC |
| スナドリネコ | Fishing cat | <i>Prionailurus viverrinus</i> | EN |
| マライヤマネコ | Flat-headed cat | <i>Prionailurus planiceps</i> | EN |
| Puma Lineage | | | |
| ピューマ | Puma | <i>Puma concolor</i> | LC |
| ジャガランディ | Jagurundi | <i>Puma yagouroundi</i> | LC |
| チーター | Cheetah | <i>Acinonyx jubatus</i> | VU |
| Lynx Lineage | | | |
| ヨーロッパオオヤマネコ | Eurasian lynx | <i>Lynx lynx</i> | LC |
| スペインオオヤマネコ | Iberian lynx | <i>Lynx pardinus</i> | CE |
| カナダオオヤマネコ | Canada lynx | <i>Lynx canadensis</i> | LC |
| ボブキヤット | Bobcat | <i>Lynx rufus</i> | LC |
| Ocelot Lineage | | | |
| オセロット | Ocelot | <i>Leopardus pardalis</i> | LC |
| マーゲイ | Margay | <i>Leopardus wiedii</i> | NT |
| アンデスネコ | Andean mountain cat | <i>Leopardus jacobita</i> | EN |
| パンパスキヤット | Pampas cat | <i>Leopardus colocolo</i> | NT |
| ジェフロイネコ | Geffroy's cat | <i>Leopardus Geoffroyi</i> | NT |
| チリヤマネコ | Kodkod | <i>Leopardus guigna</i> | VU |
| ジャガーネコ | Oncilla | <i>Leopardus tigrinus</i> | VU |
| Caracal Lineage | | | |
| カラカル | Caracal | <i>Caracal caracal</i> | LC |
| アフリカゴールデンキヤット | African golden cat | <i>Profelis aurata</i> | NT |
| サーバル | Serval | <i>Leptailurus serval</i> | LC |
| Bay Cat Lineage | | | |
| ボルネオヤマネコ | Bay cat | <i>Pardofelis badia</i> | EN |
| マーブルキヤット | Marbled cat | <i>Pardofelis Marmorata</i> | VU |
| アジアゴールデンキヤット | Asiatic golden cat | <i>Pardofelis temminckii</i> | NT |
| Panthera Lineage | | | |
| ライオン | Lion | <i>Panthera leo</i> | VU |
| ジャガー | Jaguar | <i>Panthera onca</i> | NT |
| ヒョウ | Leopard | <i>Panthera pardus</i> | NT |
| トラ | Tiger | <i>Panthera tigris</i> | EN |
| ユキヒョウ | Snow leopard | <i>Panthera uncia</i> | EN |
| ウンピョウ | Clouded Leopard | <i>Neofelis nebulosa</i> | VU |

* CE: Critically Endangered 絶滅危惧 I A

EN: Endangered 絶滅危惧 I B

VU: Vulnerable 絶滅危惧 II

NT: Near Threatened 準絶滅危惧種

LC: Least Concern 低危険種

第3節 チーターとは

本研究で扱うチーター (*Acinonyx jubatus*) は陸上動物中最も速く走ることができることで知られ、速度は時速 113 km に達する。野生下ではアフリカ大陸サハラ以南とイランの一部の地域のサバンナや荒れ地に生息し、トムソンガゼルなどの 40 kg 以下の中型草食動物を主要な獲物としている。主に単独で生活しているが、雄のみ同腹の仔同士で 2~3 頭の群れを形成することがある。1900 年には全世界に 10 万頭いたと推定されているが、毛皮目的の乱獲や農地拡大による生息地の減少、餌資源の減少により、アフリカでは 20 世紀の間に生息数の 90% 以上も激減し、アジアでは生息数がわずか 76 頭と絶滅寸前の状態である (Smith 2012)。今後も個体数が減少していくと予測されることから、国際自然保護連合 (IUCN) のレッドリストにより絶滅危惧 II 類に指定されている (URL:<http://www.iucnredlist.org/>; 2013 年 8 月 7 日版)。

チーターは 2012 年現在、世界の 250 施設で 1,661 頭が飼育されており、日本でも 9 園で 106 頭が飼育されている (Marker 2013)。これらの飼育下個体は、種の保存のために重要な役割を担っている。また、過去の個体数減少の結果、他の自由交配するネコ科動物より 90~99% 少ない遺伝的変異を示すとされ (Menott-raymond and O'brien 1992)、遺伝的にも計画的な繁殖が必要である。チーターは、交尾の刺激により排卵が起こる交尾排卵動物であり、決まった繁殖期のない周年繁殖動物である (Caro 1994)。また、雌は通常野生下で単独生活を営んでおり (Caro 1994)、飼育下での繁殖のペアリングには雌の発情期を見極めることが重要になる。しかし、雌チーターの発情周期は性行動や血液中及び糞中のホルモン動態、膣スメア検査などの様々な手法で研究されてきたが、統一した明確な見解が示されていない。また、長期の無発情期が続くことがあるとも報告されている (Brown et al. 1996)。一方で、雌チーターを 2 頭で同居させたところ下位の雌の発情が抑制されたこと (Wielebnowski et al. 2002) や飼育舎の環境や同一施

設での複数頭飼育がエストロゲン値や交尾の成功に影響している可能性がある (Kinoshita et al. 2011) とも報告されている。Bertschinger et al. (2008) の研究では、雌を 3~5 頭の雄と見合わせることで繁殖計画を首尾よく進めることができるとしている。このことから、チーターの繁殖のためには相性の良い個体と見合わせるために複数頭を飼育することが重要である。これらのことから、放飼順、放飼方法、個体の導入及び繁殖状況などの飼育下での環境の変化を考慮に入れた繁殖計画が重要だと考えられる。

第4節 希少動物における非侵襲的繁殖生理モニタリング

繁殖生理の解明手法の1つとして、性ホルモンの含量を測定する内分泌学的手法がある。測定する性ホルモンの1つであるエストラジオール-17 β は、主に卵巣で生産されるエストロゲン（発情ホルモンの一種）で、排卵前の卵胞が発達した状態の時、血中に多量に分泌され、血中濃度が高まる。作用としては、雌の第二性徴の発現や発情誘起がある。従って、エストロゲンの一種であるエストラジオール-17 β の動態は卵巣の状態を反映しており、血中濃度を測定することは性周期を把握する上で有効である。しかしながら、希少野生動物では血液採取に捕獲・麻酔を必要とする場合が多く動物に対する悪影響が大きい。そこで、血中のホルモン値を反映する糞中エストラジオール-17 β の濃度を測定することが非侵襲的に発情周期を把握する上で有効である。動物は、発情ホルモンの作用により発情行動を発現する。一般に飼育下の動物においては、発情指標となる行動を観察することにより、交配の適期を把握している。従って、内分泌学的手法と行動学的手法を併用することは、動物の繁殖生態を解明するために極めて有効である。

第5節 鳴き声によるコミュニケーション

鳴き声は、多くの動物が重要なコミュニケーション手段としている。鳥類のさ

えずりと地鳴きやサルの警戒音声・象の長距離の呼び合い方法など鳴き声によるコミュニケーションの報告が多くある (Bekoff and Goodall 2004)。しかし、鳴き声に関する研究は、鳴き声でのコミュニケーションを主とする鳥類、ゾウやサルなど群れで生活する哺乳類やコウモリのエコロケーションなどの研究が多く、ネコ科のような単独生活をする動物での研究は少ない傾向にある。2009年1月にアメリカのサンディエゴ野生動物公園で雄チーターの発する特殊な鳴き声が雌の排卵を誘発することが報道された (Kalplan 2009)。このことから、雌は単独で雄は群れで生活するチーターにおいても個体間の関係や行動、繁殖において鳴き声が重要な役割を果たしている可能性がある。

第6節 本研究における目的

これらのことから、動物園で飼育されるチーターの効率的増殖を進めるために、①2012年現在までの国内血統登録、国際血統登録から国内チーターの生存状況と繁殖傾向を分析することにより国内個体群の血統の現状を明らかにすること、②東京都多摩動物公園で飼育されているチーターの行動観察、糞中ホルモン測定、鳴き声の解析から、放飼順や方法、個体の導入及び繁殖状況などの様々な飼育環境の変化が繁殖に与える影響を探ることで、各飼育施設での繁殖計画に貢献することを目的とした。

第 2 章

血統登録から分析した 繁殖傾向と生存状況

第1節 緒言

動物園、水族館が掲げる4つの目的の1つである「種の保存」の取り組みとして希少な動物の血統登録が行われている。血統登録は、繁殖障害をきたす可能性のある近親交配を避け最適なペアリングやグルーピングをするために重要な情報である（竹田 2008）。2011年現在、動物園で計画的な繁殖が必要とされている哺乳類36種、鳥類26種は、日本動物園水族館協会によって設置された種の保存委員会主導のもと、血統登録が行われている。また、国際的な動物管理システムの構築を目的とした国際種情報機構（ISIS: International Species Information System）では、73カ国の動物園・水族館735施設の15,000分類群10,000種、200万個体の年齢、性別、血統、出生場所、死亡状況など生物学的な基礎データが蓄積されている（成島ら 2011）。これらの血統管理は、単に近親交配を避けるためだけでなく、飼育されている個体全てを1つの個体群とみなした将来的な個体数変動予測にも活用されており、域外保全における繁殖管理のために重要となっている（成島ら 2011）。

本研究で扱うチーター *Acinonyx jubatus* は、国際・国内共に血統登録が行われている種の1つである。国際血統登録「International Cheetah Studbook 2012」では、1950年代から2012年までに世界44カ国で飼育された8885頭が登録されており、国内では「公益財団法人日本動物園水族館協会」が取りまとめる「国内血統登録」において、1931年以降飼育されたチーター548頭が登録されていた。「血統登録」には、性別、生年月日（野生捕獲個体は捕獲された年）、移動年（施設間の移動）、死亡年、親の登録番号などが記載され、各個体の出産歴や血統を辿ることができる。

これらの記録は、国内で飼育されたチーターの繁殖傾向、生存状況、血統を探るためには重要な資料である。本研究では、2012年までの血統登録から日本国内での繁殖傾向と生存状況、血統を探ることを目的とした。

第2節 方法

日本国内で飼育されたチーターが登録されている、国際血統登録「International Cheetah Studbook 2012」と日本動物園水族館が所蔵する「チーター国内血統登録」を使用し、以下の項目について分析を行った。

- ①日本国内で飼育されたチーターの由来
- ②1931年～2012年までの個体数，死亡数，海外からの導入数，
出産例数の変化
- ③繁殖（繁殖頭数，1頭当たりの繁殖回数，一腹の出産数，1頭当たりの総出
産数，繁殖年齢，最初と最後の繁殖年齢）
- ④死亡年齢と死亡原因
- ⑤導入個体と繁殖の関係
- ⑥複数雌が同時期に繁殖に用いられていた期間の傾向
- ⑦2012年現在生存する個体の血統
- ⑧キングチーターの血統

また、飼育されたチーターを由来ごとに、野生下で生まれ捕獲された個体である「野生個体」、海外施設で生まれ日本に導入された個体である「海外個体」、国内施設で生まれた個体「国内個体」の3群に分類し、1頭当たりの繁殖回数，一腹の出産数，1頭当たりの総出産数，繁殖年齢，最初と最後の繁殖年齢，死亡年齢の7項目について Kruskal-Wallis 検定を行った。繁殖傾向の解析については、雌の繁殖頭数，繁殖例数の2項目を目的変数とし，2項目それぞれに繁殖が報告される以前3年以内の導入個体（導入）の総数及び雌雄数，導入された個体の由来数（野生，海外施設，国内施設の数），繁殖例が報告されている間の新規個体の導入（途中導入）の総数，雌雄数の7項目を説明変数とし，重回帰分析を行った。変数選択は，ステップワイズ法を使用した。

第3節 結果

(1) 国内で飼育されてきた個体の構成

日本国内では、1931年～2012年までに16施設（現在飼育施設9施設）で548頭が飼育されてきた（表2-1）。1931年～1997年の間に野生下から163頭（雄72頭、雌91頭）が導入された（表2-1）。内訳はナミビア144頭、タンザニア2頭、ソマリア1頭、南アフリカ2頭、原産国不明14頭であった。野生下からの導入時の平均年齢は1.63歳（範囲0～17歳）であり、雄1.84歳（範囲0～17歳）、雌1.45歳（範囲0～3歳）であった。また、1990年以降野生個体の導入から海外施設からの導入へ移り変わり、現在までに71頭（雄36頭、雌35頭）が導入されている（表2-1）。71頭中62頭が南アフリカの5施設からの導入個体であり、その他の9頭については上海から2頭、所在地不明が7頭であった。これらの海外施設からの導入時の平均年齢は2.64歳（範囲0～8歳）であり、雄2.61歳（範囲0～8歳）、雌2.68歳（範囲0～6歳）であった。また、国内個体は合計314頭（雄157頭、雌144頭、性別不明13頭）で、全て国内繁殖個体であった（表2-1）。2012年までに98例の出産報告が示されていた。

表2-1. 国内飼育頭数の内訳

Table 2-1. Detail of population in Japan.

| | Wild | Foreign-bred | Domestic | Total |
|---------|------|--------------|----------|-------|
| Male | 72 | 36 | 157 | 265 |
| Female | 91 | 35 | 144 | 270 |
| Unknown | 0 | 0 | 13 | 13 |
| Total | 163 | 71 | 314 | 548 |

(2) 1931年～2012年までの個体数変動

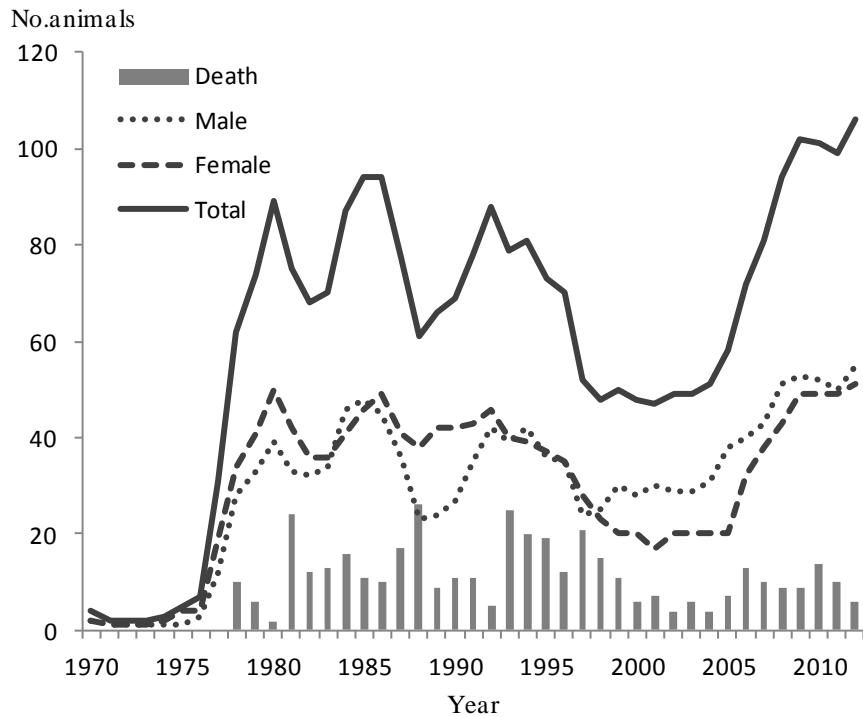


図2-1. 1970年～2012年の全個体数，死亡頭数の経年変化
 Fig. 2-1. Time course of population and number of deaths in cheetah between 1970 and 2012.

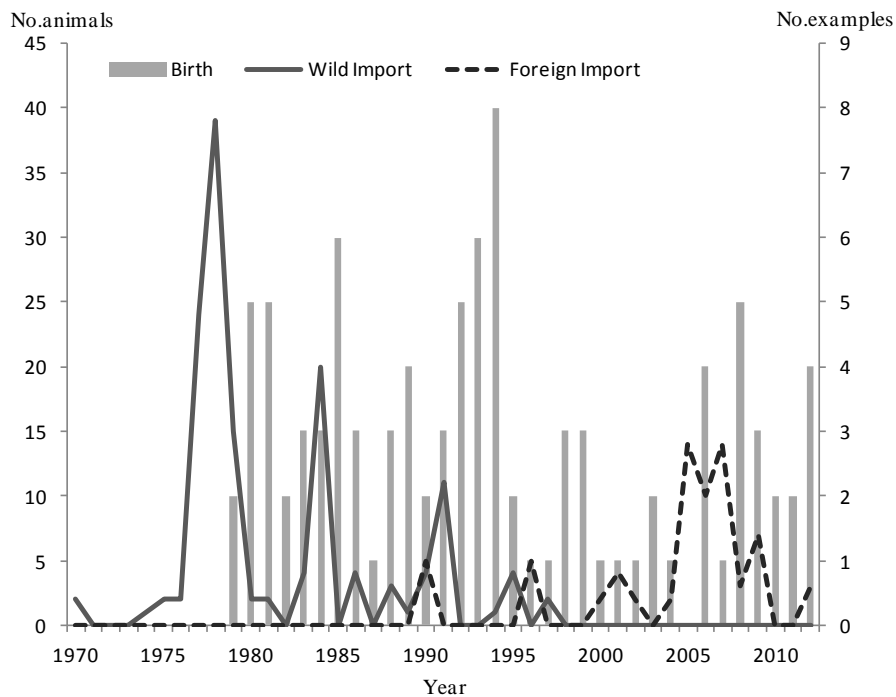


図2-2. 1970年～2012年の出産例数，野生導入，海外導入頭数の経年変化

Fig. 2-2. Time course of imports from wild, imports from foreign zoos and captive births between 1970 and 2012.

1931年に野生個体が最初に導入されて以降、1970年までに18頭が4施設で飼育されてきたが、その間には一度も繁殖には至らなかった。1970年代後半の1977年～1979年の3年間には野生個体80頭（雄37頭、雌43頭）が3施設で導入された（図2-2）。その後、1996年までの64例の出産と定期的な野生個体の導入により個体数が増加したが、1993年～1997年の間に112頭が死亡し、1985年の94頭、1992年の88頭から1997年～2005年の間50頭前後まで個体数が減少した（図2-1、2-2）。2004年以降には海外施設から50頭を導入し、その後の23例の出産により個体数が増加し、2012年現在9施設で106頭（雄54頭、雌52頭）が飼育されている（図2-1、2-2）。

(3) 繁殖

国内での繁殖は、1979年に最初の繁殖が報告されて以降、2013年3月までに8施設から98例が報告されており、314頭（雄157頭、雌144頭、性別不明13頭）が産まれた（表2-1）。1979年以降、毎年繁殖例が報告され、1994年には最も多い8例が報告された（図2-2）。しかし、1997年以降個体数の減少と共に、繁殖例も減少し2005年には繁殖例が0例になった（図2-2）。その後、海外施設からの導入による、個体数の増加と共に、繁殖例数も増加した（図2-2）。

この98例の繁殖は、雄36頭、雌42頭によってもたらされた（表2-2）。これらは、性成熟（ ≥ 2 歳）に達した個体の雄19%、雌20%に相当していた。雌雄共に約半数の個体が2回以上の繁殖に至っており、平均繁殖回数は雄2.11回（範囲1～7回）、雌2.28回（範囲1～8回）であった（表2-2）。また、繁殖個体を野生個体、海外個体、国内個体の3群に分け、各々の繁殖可能年齢に達した個体中の割合をみた結果、雌雄共に約30%と海外個体の割合が最も多かった。

年代別に繁殖成功割合を比較した結果、1980年代と1990年代では、成功割合に変化は見られなかったが、出産個体の数頭が死亡した例が増加し、失敗例は減

少していた（図 2-3）。1990 年代と 2000 年代では、繁殖成功例が増加し、出産個体の数頭が死亡した例は減少していた（図 2-3）。しかし、失敗例の割合には変化が見られなかった（図 2-3）。

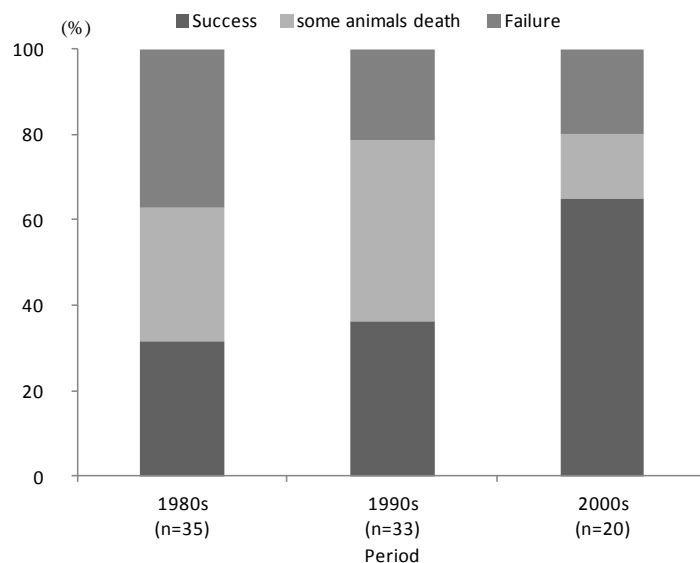


図2-3. 年代別繁殖成績の割合変化

Fig. 2-3. Interdecadal change reproductive performance.

一腹の出産数は平均 3.2 頭（範囲 1～7 頭）であり、1 頭当たりの平均総繁殖数は雄 7.36 頭（範囲 2～19 頭）、雌 7.5 頭（範囲 1～25 頭）であった（表 2-2）。雌において一腹当たりの出産数は野生個体で 2.68 ± 0.02 （平均値±標準誤差）頭、海外個体は 3.57 ± 0.05 頭、国内個体は 3.66 ± 0.04 頭であり、由来による有意な差が認められた（ $p=0.0038$ ）。

繁殖時の平均年齢は、雄 5.47 歳（範囲 21 ヶ月～13 歳）、雌 5.03 歳（範囲 2～9 歳）であった（表 2-2）。繁殖成功は、雄は 2～13 歳の間、雌は 2～10 歳の間であった。繁殖年齢別に繁殖成功割合を見た結果、雌雄共に 4～5 歳に向かって出産個体の数頭が死亡する例の割合が減少し、それ以降高齢になるほど増加する傾向が見られ、雌に比べ雄の繁殖成功割合の増加は顕著であった（図 2-4, 2-5）。しかし、失敗例については性成熟前である 1 歳での繁殖を除き、年齢ごとの割合に変化は見られなかった（図 2-4, 2-5）。

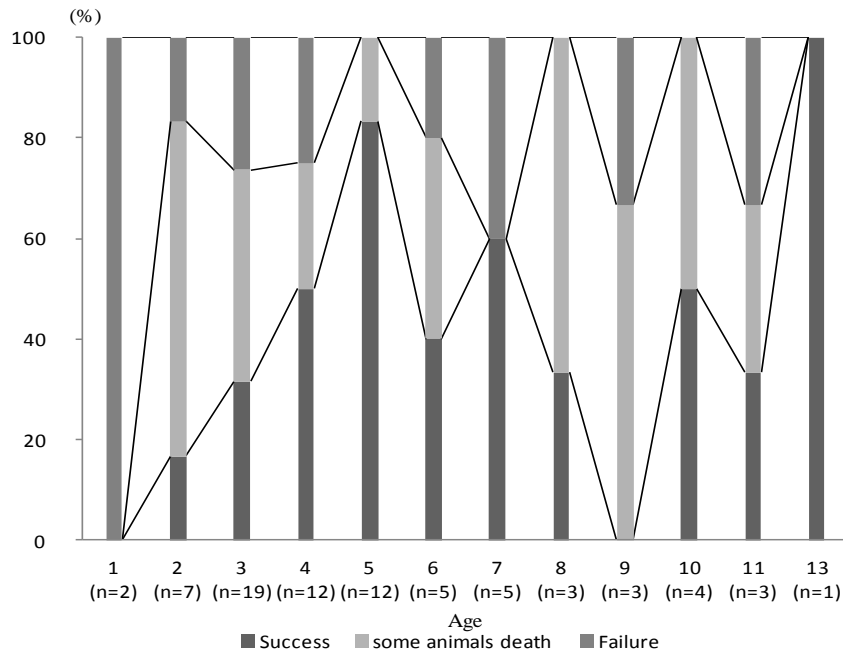


図2-4. 雄の年齢別繁殖成績

Fig. 2-4. Male reproductive performance by age.

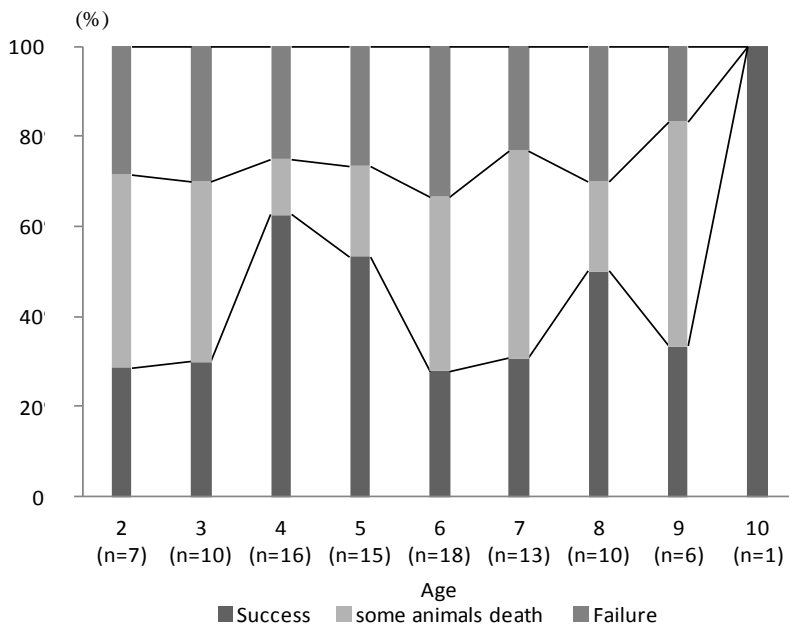


図2-5. 雌の年齢別繁殖成績

Fig. 2-5. Female reproductive performance.

平均繁殖年齢について検定を行った結果、雌雄共に有意な差が認められた ($p < 0.05$)。総繁殖年齢は、雌において野生個体 5.31 ± 0.04 歳、海外個体 6.37 ± 0.07 歳、国内個体 4.96 ± 0.07 歳であり、由来による有意な差が認められた ($p = 0.037$)。また、雄においても野生個体 5.71 ± 0.10 歳、海外個体 5.72 ± 0.07 歳、国内個体 3.78 ± 0.08 歳であり、由来による有意な差が認められた ($p = 0.0081$)。

初回の繁殖の平均年齢は、雄 4.45 歳 (範囲 21 ヶ月～10 歳)、雌 4.11 歳 (範囲 2～7 歳) であった (表 2-2)。最終の繁殖の平均年齢は、雄 6.42 歳 (範囲 3～13 歳)、雌 5.81 歳 (範囲 2～9 歳) であった (表 2-2)。検定の結果、初回の繁殖年齢においては雌雄で、最終の繁殖年齢においては雄で、有意な差が認められた ($p < 0.05$)。初回の繁殖年齢は、雌において野生個体 3.76 ± 0.07 歳、海外個体 5.09 ± 0.12 歳、国内個体 3.78 ± 0.08 歳であり、由来による有意な差が認められた ($p = 0.0386$)。また、雄においても野生個体 5.1 ± 0.23 歳、海外個体 4.91 ± 0.18 歳、国内個体 3.0 ± 0.13 歳であり、由来による有意な差が認められた ($p = 0.0133$)。雄の最終の繁殖年齢において、野生個体 6.8 ± 0.28 歳、海外個体 5.5 ± 0.19 歳、国内個体 4.15 ± 0.16 歳であり、由来による有意な差が認められた ($p = 0.0121$)。その他の 1 頭当たりの繁殖回数、1 頭当たりの総出産数の 2 項目では、有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。

表2-2. 繁殖頭数と平均出産頭数, 平均繁殖年齢

Table 2-2. Breeding population, and Mean number of litter, Mean age at breeding.

| | Breeding population | Multiple breeding population | Number of litter | Number of cubs per litter | Number of cubs per breeding animal | Age at breeding | Age at first breeding | Age at final breeding |
|--------|---------------------|------------------------------|------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Female | Wild | 9 | 2.64 (1-8) | 2.68 (1-5) | 7.37 (1-19) | 5.31 (2-9) | 3.76 (2-7) | 5.62 (2-9) |
| | Foreign-bred | 8 | 2.18 (1-5) | 3.57 (1-7) | 7.75 (1-18) | 6.37 (2-10) | 5.09 (2-7) | 6.81 (3-10) |
| | Domestic | 7 | 1.92 (1-4) | 3.66 (1-6) | 7.64 (1-25) | 4.96 (2-9) | 3.78 (2-5) | 5.28 (2-9) |
| | Total | 24 | 2.28 (1-8) | 3.2 (1-7) | 7.57 (1-25) | 5.49 (2-10) | 4.11 (2-7) | 5.81 (2-10) |
| Male | Wild | 6 | 2.8 (1-7) | 3.1 (1-5) | 8.6 (2-19) | 5.71 (2-13) | 5.1 (2-9) | 6.8 (3-13) |
| | Foreign-bred | 6 | 1.75 (1-5) | 3.77 (1-7) | 6.38 (2-13) | 5.72 (2-11) | 4.91 (3-10) | 5.5 (3-11) |
| | Domestic | 7 | 1.92 (1-7) | 3.38 (1-5) | 7.38 (4-18) | 3.7 (1-9) | 3.0 (1-9) | 4.15 (3-9) |
| | Total | 19 | 2.11 (1-7) | 3.2 (1-7) | 7.36 (2-19) | 5.03 (2-13) | 4.45 (1-10) | 6.42 (3-13) |

カッコ内は範囲を示す。

A parenthesis is range.

(4) 死亡数と死亡原因

1935年～2012年までに431頭が死亡した。そのうち、114頭が1歳に至らず死亡した国内繁殖個体であった(表2-4)。98例の繁殖例のうち、25例では産まれた仔全てが、26例では一部が1歳未満で死亡した。また、1歳までに死亡した子の65%(75頭)が生後1ヵ月以内に死亡しており、最も死亡率が高かった(表2-4)。この結果を1980年代、1990年代、2000年代に分け、死亡数を比較したところ、2000年代に向かって死亡数は減少していた(図2-6)。特に、生後2ヵ月～12ヵ月の間の死亡数が減少しており、生後1ヵ月以内の死亡数は、全ての年代で高い割合を示した(図2-6)。

表2-3. 出産個体の1歳未満の死亡数内訳

Table 2-3. Detail of deaths under 1 year of age of the individual birth.

| | Male | Female | Unknown | Total |
|-------------|------|--------|---------|-------|
| ~1month | 31 | 31 | 13 | 75 |
| 1~3month | 8 | 3 | 0 | 11 |
| 4~6month | 7 | 7 | 0 | 14 |
| 7~12month | 8 | 6 | 0 | 14 |
| Total | 54 | 47 | 13 | 114 |
| Alive | 103 | 97 | 0 | 200 |
| Birth Total | 157 | 144 | 13 | 314 |

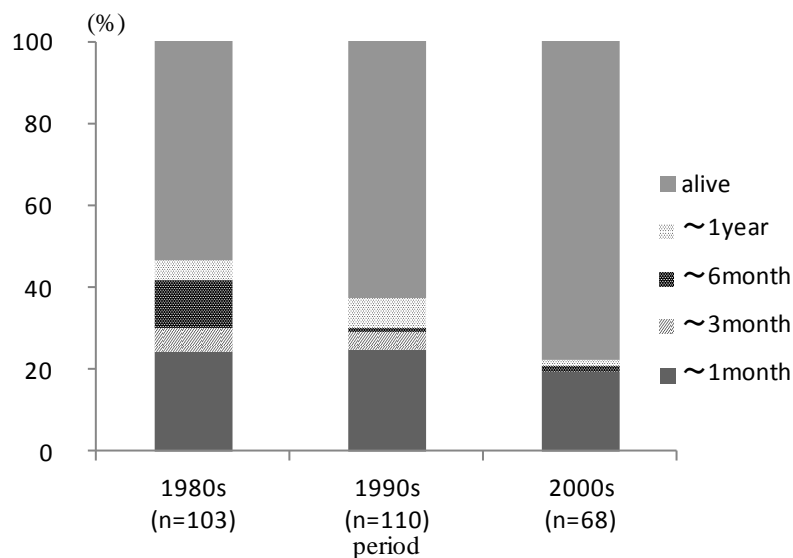
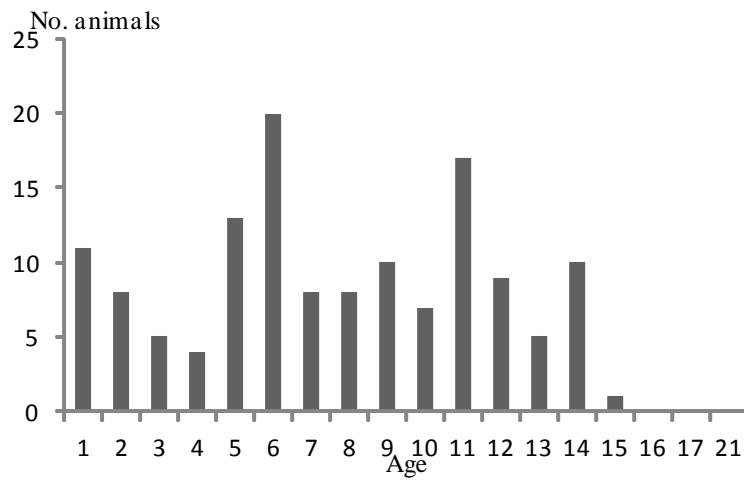


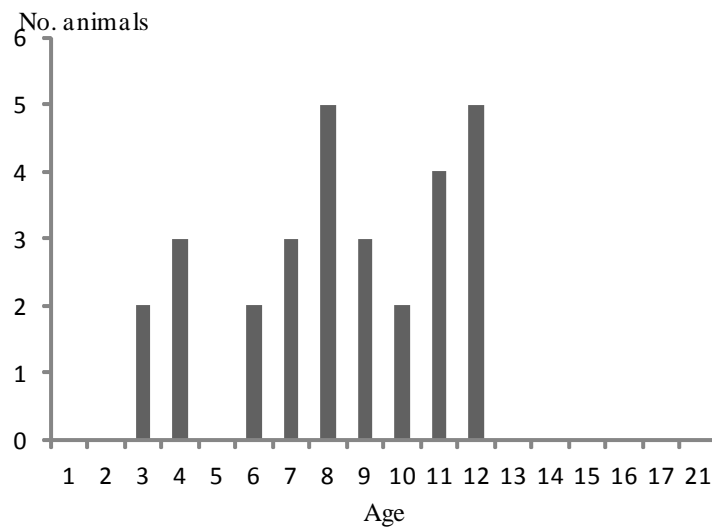
図2-6. 1歳未満の年代別死亡割合変化

Fig. 2-6. Interdecadal in period of death in less than a year.

a) Wild (n=136)



b) Foreign-bred (n=29)



c) Domestic (n=127)

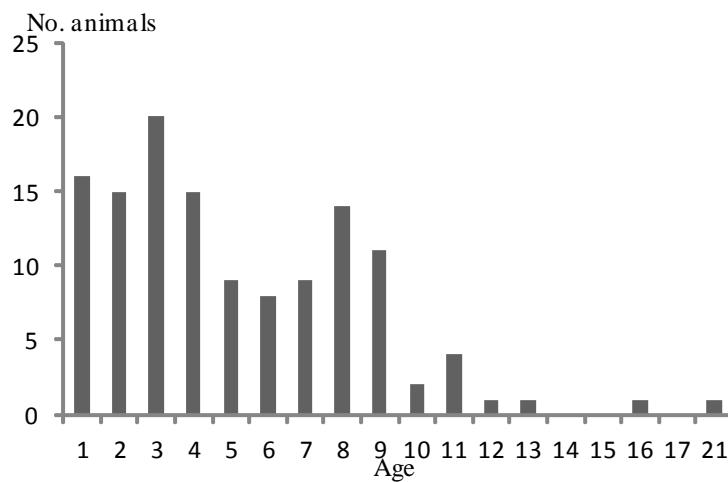


図2-7. 野生個体，海外個体国，内個体の死亡年齢

Fig. 2-7. The age of deaths according to age in wild, foreign-bred and domestic.

1 歳未満で死亡した個体を除く、平均死亡年齢を算出した。野生個体は推測の生存年を起点とし、海外個体及び国内個体は出生年月日を起点とし算出した。その結果、全ての個体の死亡平均年齢は 6.95 歳であった。野生個体 8.14±0.02 歳、海外個体 8.53±0.10 歳、国内個体 5.18±0.02 歳であり、由来による有意な差が認められた ($p < 0.0001$)。国内個体は 1~3 歳までの死亡数が最も多く、死亡数の 92% が 9 歳までに死亡していた。野生個体は 5, 6, 11 歳、海外個体は 8, 12 歳の死亡数が多かったが、死亡年齢に偏りは見られなかった (図 2-7)。

死亡原因について、1973 年~2012 年の間に産まれた 381 頭について調査した。死亡原因は、泌尿器系 (腎不全、腎炎など)、消化器系 (胃炎、肝機能障害など)、呼吸器系 (肺炎、気管閉塞など)、外傷性 (親又は兄弟による傷害、咬傷など)、心循環器系 (心筋炎、心不全など)、ネコ感染症 (FIP, FPL, FVR)、老衰、死産、内分泌と血液 (敗血症、溶血性貧血など)、虚弱と栄養失調 (くる病)、神経系 (硬膜下腫瘍など)、その他 (筋骨格、多臓器不全)、不明の 13 項目に分類することができた (表 2-4)。泌尿器系による死亡数は、85 頭と最も多く確認され、次いで消化器系、呼吸器系、外傷性の死因が多く見られた (表 2-4)。

年代別の死亡原因の分析を行った結果、消化器系疾患は 1970 年代、1980 年代における最も多い死亡原因となっていた (表 2-4)。しかし、1990 年代以降は泌尿器系疾患の死亡が最も多く、消化器系疾患は減少傾向にあった (表 2-5)。また、ネコ特有の感染症であるネコ伝染性腹膜炎 (FIP)、ネコ汎白血球減少 (FPL)、ネコウイルス性鼻気管炎 (FVR) による死亡は、1980 年代が最も多く、0~6 歳の比較的若い個体間で確認された (表 2-4)。また、0 歳での死亡原因変化をみた結果、死産の割合が 1980 年代に比べ、2000 年代に向かって割合が増加していた (図 2-8)。その他の項目において、年代別の差異は見られなかった (表 2-4)。

表2-4. 年代別死亡数と死亡原因

Table 2-4. The number of deaths according to period, and cause of death.

| Cause of death | | No. animals | | | | |
|----------------|---------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2000s | 1990s | 1980s | 1970s | Total |
| 泌尿器系 | Urinary | 8 | 45 | 25 | 7 | 85 |
| 消化器系 | Digestive | 2 | 5 | 26 | 24 | 57 |
| 呼吸器系 | Respiratory | 2 | 18 | 16 | 3 | 39 |
| 外傷性 | Trauma | 2 | 9 | 13 | 8 | 32 |
| 心循環器系 | Cardiovascular | 1 | 10 | 7 | 3 | 21 |
| ネコ感染症 | FIP,FPL,FVR | 0 | 0 | 18 | 2 | 20 |
| 老衰 | Senility | 0 | 3 | 6 | 6 | 15 |
| 死産 | Stillbirth | 7 | 4 | 2 | 0 | 13 |
| 内分泌、血液 | Hemic and Lymph | 0 | 4 | 0 | 7 | 11 |
| 虚弱、栄養失調 | Weakness, Nutrition | 0 | 0 | 7 | 2 | 9 |
| 神経系 | Nervous | 0 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| その他 | Others | 1 | 2 | 3 | 0 | 6 |
| 不明 | Unkown | 15 | 36 | 21 | 20 | 92 |

FIP: Feline infectious peritonitis (ネコ伝染性腹膜炎)

FPL: Feline panleukopenia (ネコ汎白血球減少症)

FVR: Feline viral rhinotracheitis (ネコウイルス性鼻気管炎)

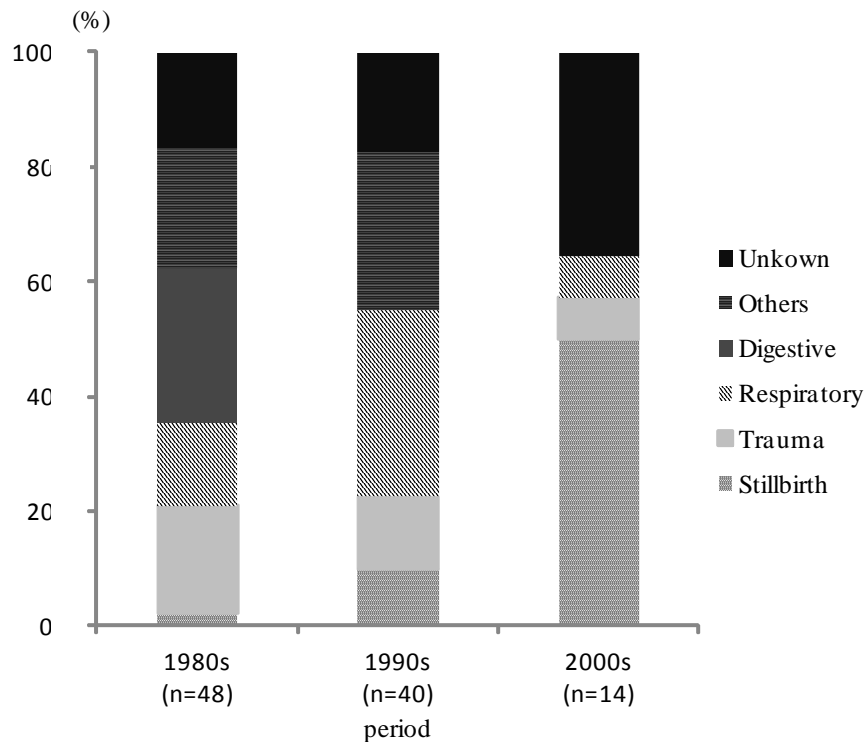


図2-8. 1歳未満の年代別死亡原因変化

Fig. 2-8. Interdecadal in period of death cause in less than a year.

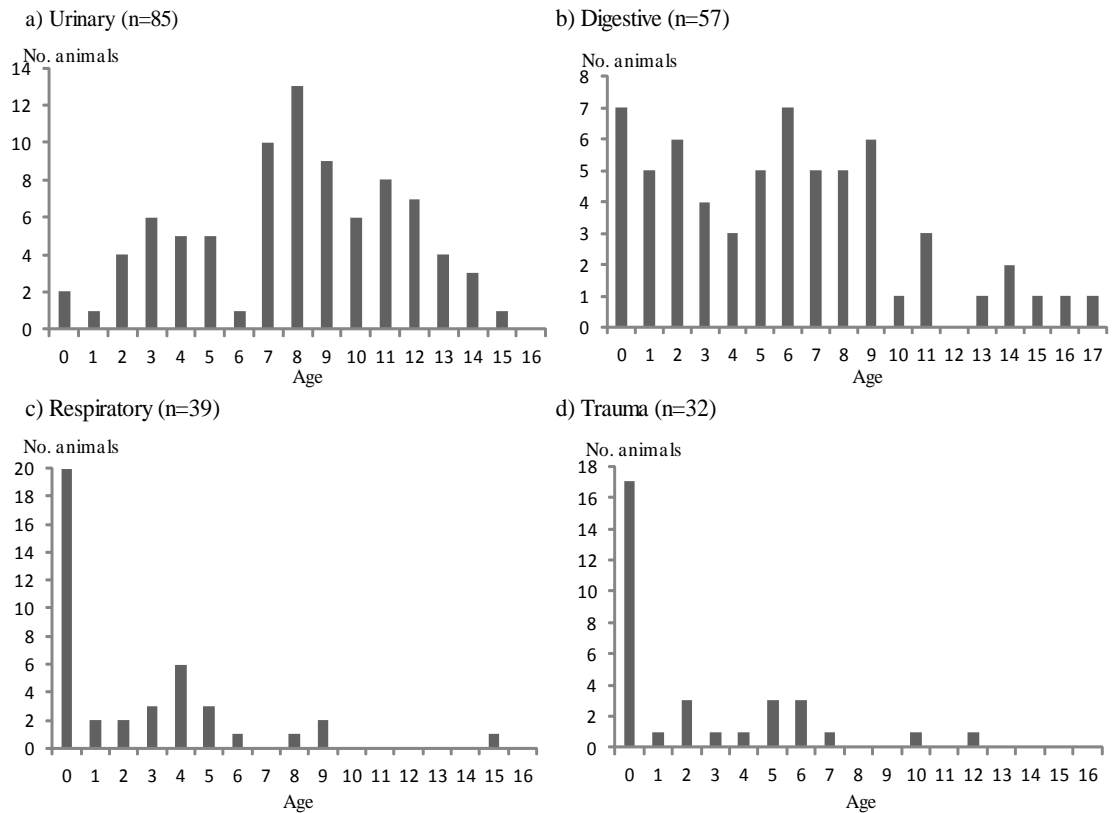


図2-9. 泌尿器系，消化器系，呼吸器系，外傷性による年齢別死亡数

Fig. 2-9. Number of deaths according to age by Urinary, Digestive, Respiratory and Trauma.

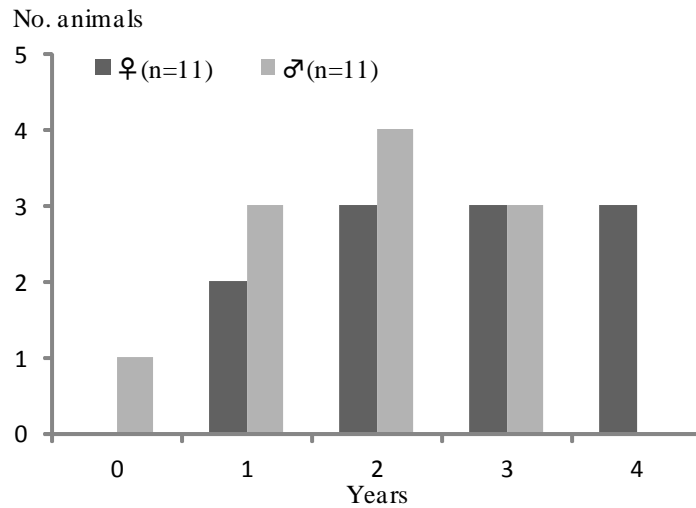
30頭以上の死亡が見られた泌尿器系，消化器系，呼吸器系，外傷性における年齢別死亡数変化の分析を行った（図 2-9）。泌尿器系疾患による死亡は，1歳～15歳の間で確認されたが，特に7歳以降の個体で多く確認された（図 2-9）。消化器系疾患では，0，6歳での死亡が最も多く確認され，0～9歳までの若い個体での死亡例が多くなっていた（図 2-9）。外傷性及び呼吸器系疾患による死亡は，0歳で最も多く1歳以降の死亡数は少ない傾向にあった（図 2-9）。

(5) 導入個体と繁殖の関係

2012年までに報告された98例中、産まれた飼育施設内で繁殖に至った例は23例であった（繁殖個体による繁殖）。そのうち9例が雌雄共に、8例で雄のみが、6例で雌のみが産まれた飼育施設での繁殖であった。それ以外の75例は、野生・海外からの導入又は国内施設間で移動した個体が繁殖した例であった（導入個体による繁殖）。繁殖個体による繁殖は、性成熟から最初の繁殖までに至る年数、導入個体は繁殖した施設に導入されてから最初の繁殖に至るまでの年数の分析を行った。その結果、繁殖個体では雌雄共に性成熟から0～3年以内に全ての個体が繁殖していた（図 2-10）。導入個体においても約80%の個体が、導入されてから0～3年以内に繁殖していた（図 2-10）。4歳以降で繁殖していた例においても、ペアになった個体は導入、性成熟から0～4年の個体であった。

2012年までに3例以上の成功出産例が報告された6施設において、チーターが飼育され始めてから2012年までの頭数及び新規個体の導入数、出産個体数の経年変化の解析を行った（図 2-11）。施設 a-f 共に、新規個体の導入の3年以内に繁殖例が報告されていた。導入後の繁殖は、12例が確認された（図 2-11）。これらの12例の要因を探るために、雌の繁殖頭数、繁殖例数の2項目について重回帰分析を行った。それぞれの重相関係数Rは、雌の繁殖頭数0.94、繁殖例数0.98と適合度はよく、この2項目を目的変数とした重回帰式は説明されたと判断した（表 2-5）。繁殖頭数は、導入総数（ $F=12.24$, $p=0.0067$ ）及び雄の途中導入頭数（ $F=60.33$, $p<0.0001$ ）2項目で説明された（表 2-5）。また、繁殖例数は導入した雄の頭数（ $F=67.61$, $p<0.0001$ ）、途中導入の雄の頭数（ $F=115.72$, $p<0.0001$ ）及び導入された個体の由来数（ $F=9.68$, $p=0.0144$ ）で説明された（表 2-5）。雌の繁殖頭数、繁殖例数共に雄の導入頭数で説明され、雌の導入頭数では2項目共に説明されなかった。

a) Sex-maturation



b) Import

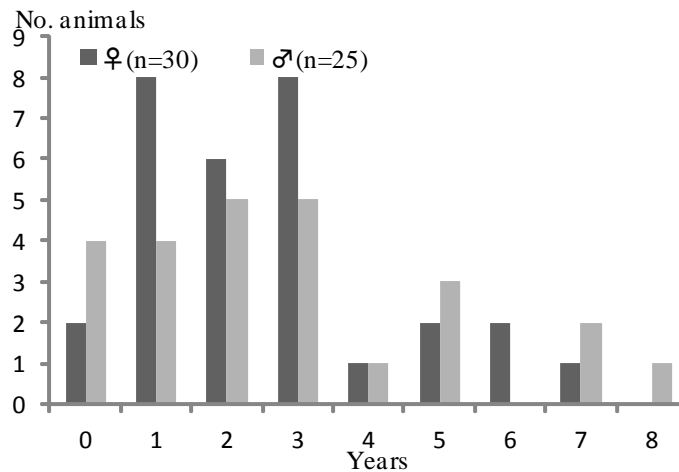


図2-10. 性成熟及び導入から最初の繁殖に至るまでの年数
 Fig. 2-10. The years from sex-maturation and import to the first breeding.

表2-5. 繁殖頭数と繁殖例数の重回帰分析結果

Table 2-5. The multiple-linear-regression-analysis result of a breeding member and the number of the examples of breeding.

| | 偏回帰係数 | 標準誤差 | 標準 偏回帰係数 | F値 | P値 | 95%CI | | R ² | |
|------|---------|-------|-------------|------|--------|------------|-------|----------------|------|
| | | | | | | 下限値 | 上限値 | | |
| 繁殖頭数 | 導入総数 | 0.09 | 0.03 | 0.37 | 12.24 | 0.0067 ** | 0.03 | 0.15 | 0.88 |
| | 雄の途中導入数 | 1.47 | 0.19 | 0.82 | 60.33 | <0.0001 ** | 1.04 | 1.90 | |
| | 定数項 | 0.88 | 0.45 | | 3.73 | 0.0856 | -0.15 | 1.90 | |
| 繁殖例数 | 雄の導入数 | 0.84 | 0.10 | 0.55 | 67.61 | <0.0001 ** | 0.60 | 1.07 | 0.96 |
| | 由来数 | 2.60 | 0.84 | 0.21 | 9.68 | 0.0144 * | 0.67 | 4.53 | |
| | 雄の途中導入数 | 2.92 | 0.27 | 0.69 | 115.73 | <0.0001 ** | 2.29 | 3.54 | |
| | 定数項 | -4.31 | 1.65 | | 6.79 | 0.0314 * | -8.12 | -0.49 | |

*: p<0.05 **: p<0.01

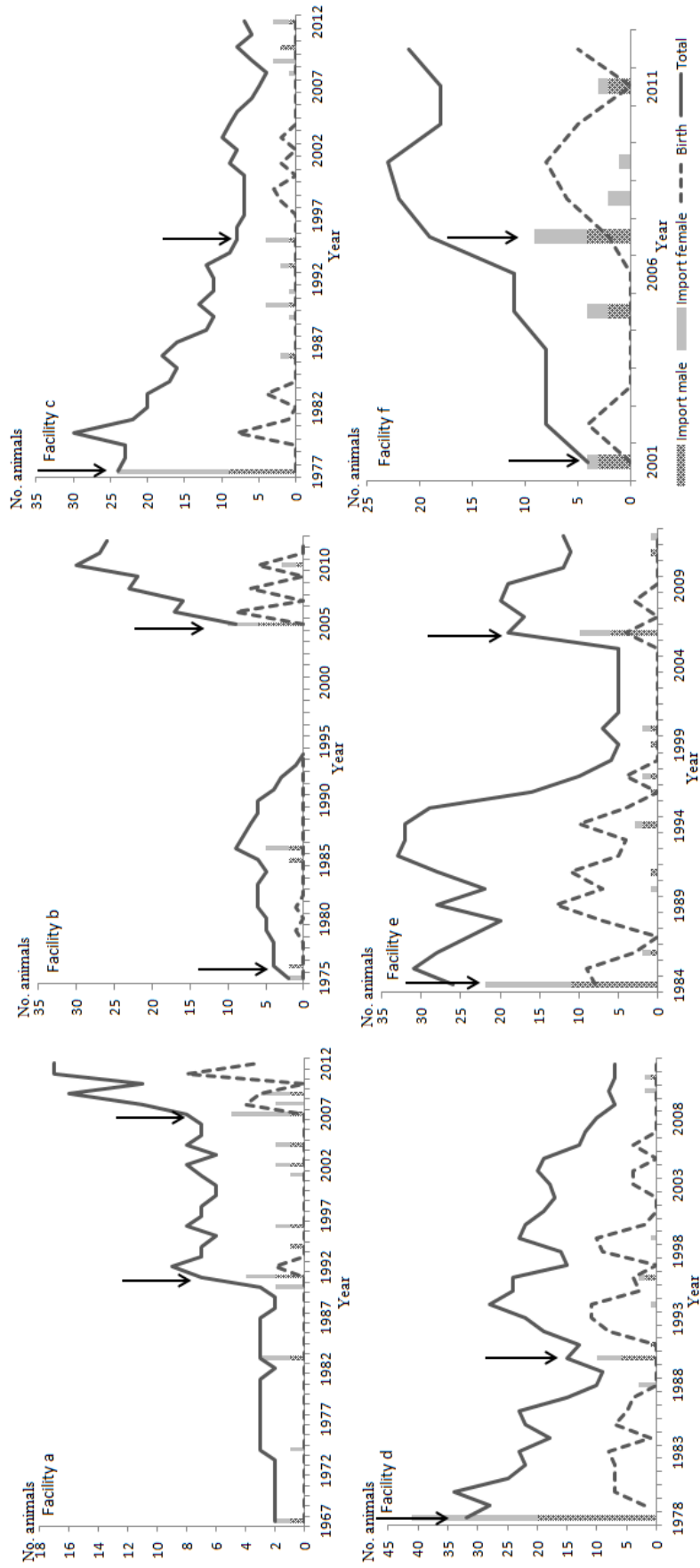


図2-11. 6施設の総数、出産数、雌雄の導入数の経年変化
 ↓は、繁殖が報告される前の導入を示す。

Fig. 2-11. Time course of population, births and imports of male and female in 6 facilities.
 ↓ is imports before breeding.

(6) 複数雌が同時に繁殖に用いられていた期間の傾向

2 頭以上の個体が同時期に同一施設で繁殖していた期間が 5 例確認された (表 2-6)。これらの期間中, ある個体が交尾した時に他の繁殖個体が妊娠又は育子中であったかどうかについて調査した。その結果, 他個体が妊娠又は育子中でない時期にも交尾に至った個体と, 一定の個体が妊娠又は育子している時にのみ交尾に至った個体に分けることができた (表 2-6)。他個体が妊娠又は育子中でない時期に交尾に至った 7 頭を繁殖に優位な個体とした時, 例 1, 2 では優位な個体の交代が確認された。例 2 では #1884 (1984 年 3 月～1989 年 3 月), #1849 (1989 年 4 月～1992 年 4 月) が, 例 3 では #1664 (1992 年 1 月～1993 年 10 月), #3274 (1997 年 11 月～2000 年 8 月) が優位であった。しかし, 例 2 の 1992 年 5 月以降と例 3 の 1993 年 11 月～1996 年 10 月の期間では, 複数雌が入れ替わり交尾しており, 優位雌の交代は確認できたが, 特定することはできなかつた (表 2-6)。例 1 では, 1981 年 12 月以降は #965 が優位であったが, それ以前では #965, #966 のどちらが優位であるか特定できなかつた (表 2-6)。例 4 では, 全期間中 #5711 が優位であった (表 2-6)。例 4 においては, 各個体が 1 回ずつ繁殖しており優位な雌を特定することはできなかつた (表 2-6)。

表2-6. 2頭以上の雌が同時期に同施設で繁殖していた期間の個体の状況

Table 2-6. Individual status when more females bred in same facility at same period.

Example1

| | 79 | 80 | | 81 | | 82 | | 83 | 84 | | 85 | | 86 | | 87 | |
|-------|----|----|---|----|---|----|---|----|----|---|----|---|----|---|----|----|
| | 9 | 7 | 9 | 12 | 8 | 12 | 9 | 12 | 2 | 9 | 11 | 1 | 7 | 8 | 8 | 12 |
| #965 | * | ● | * | ○ | ○ | * | ○ | * | ○ | * | ○ | * | * | * | ○ | ● |
| #966 | ● | * | ○ | * | ○ | ● | * | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - |
| #967 | ● | ● | ● | ● | * | ● | ○ | ● | * | ● | * | ○ | ○ | ● | ● | ● |
| #1257 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | ● | ● | * | ○ |
| #1256 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | ● | ● | ● | * |

Example2

| | 84 | | | 85 | | 86 | 87 | | 88 | 89 | | | | 90 | | | 91 | 92 | 93 | 94 | | | | 96 | |
|-------|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|---|
| | 3 | 4 | 11 | 6 | 8 | 5 | 10 | 2 | 4 | 7 | 8 | 9 | 1 | 6 | 10 | 11 | 8 | 5 | 2 | 1 | 4 | 7 | 10 | 11 | |
| #1844 | * | ○ | ○ | ○ | * | * | * | * | ● | ● | * | ● | * | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | - | - | - | - |
| #1846 | ● | * | ○ | * | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | - | - | - | - |
| #1837 | ● | ● | * | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | - | - | - |
| #1849 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | * | * | ○ | ○ | ○ | * | * | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| #1856 | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | * | ○ | ○ | ○ | * | ○ | * | ○ | * | ● | - | - | - | - |
| #2009 | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | * | ○ | * | ○ | ○ | * | ○ | - | - |
| #2174 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | ● | * | ○ | ○ | * | |
| #2139 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | * | ● |

Example3

| | 92 | | | | 93 | | | | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 00 | | | | | |
|-------|----|---|---|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|
| | 1 | 6 | 7 | 10 | 10 | 1 | 2 | 6 | 11 | 1 | 3 | 5 | 9 | 4 | 11 | 1 | 3 | 6 | 8 | |
| #1664 | * | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | - | - | - | - | |
| #2169 | ● | ● | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | * | ● | ● | - | |
| #1682 | ● | ● | ● | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | * | ○ | - | - | - | - | - | - | - | |
| #1607 | ● | ● | ● | ● | * | ○ | * | ○ | ○ | * | ○ | * | * | ○ | - | - | - | - | - | |
| #1634 | ● | ● | ● | ● | ● | * | ○ | * | ○ | ○ | ○ | ○ | ● | ● | ● | - | - | - | - | |
| #3274 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | * | ○ | * | ○ | * | |
| #2872 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | * | ○ | * | ○ |

Example4

| | 06 | 07 | 08 | 09 | | 10 | 12 |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 10 | 11 | 5 | 10 | 11 | 3 | 8 |
| #6691 | * | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| #6690 | - | * | ○ | ○ | ● | ● | ● |
| #6454 | - | ● | * | ○ | ● | ● | - |
| #5722 | - | - | - | * | - | - | - |
| #6355 | - | ● | ● | ● | * | ○ | ● |
| #6218 | - | - | - | - | ● | * | ● |
| #7098 | - | - | - | - | - | - | * |

Example5

| | 07 | 09 | 11 | | 12 | |
|-------|----|----|----|---|----|----|
| | 12 | 6 | 1 | 3 | 7 | 10 |
| #5711 | * | * | * | ○ | * | ○ |
| #5722 | ● | - | ● | * | ● | * |

#番号は国際登録番号，上辺の番号は交尾した年度(1段目)と月(2段目)を示す。
 *は交尾，○は妊娠又は育子中，●は繁殖無しを示す。例2，3の点線は，優劣が変化した区切りを示す。

number is Stud number. Upper side number is mating year(step 1) and mating month (step 2).

* mating, ○ pregnancy or rearing, ● none breeding. Example2,3 dots is changing order.

(7) 2012年現在生存する個体の血統

現在飼育される106頭は、海外個体41頭（雄21頭、雌20頭）と国内個体55頭（雄33頭、雌32頭）で形成されている。しかし、国内で繁殖した血縁を3世代以上受け継ぐ個体は3頭のみであった。これらの血統を、International Cheetah Studbookに登録された最初の個体（野生捕獲個体）まで遡り、日本国内の飼育集団の創始個体の調査を行った。その結果、雄37頭、雌29頭の全66頭が該当した（表2-7）。これはソマリア由来の雄1頭を除き、全ての個体がアフリカ南部に帰属していた（表2-7）。両親が不明であることから由来が分からないチーター7頭は、1頭を除き6頭全てが南アフリカ共和国に位置する施設（Savannah Game Ranch-Estelle & Pieter Kemp, Desmond Varaday Cheetah Sanctuary）で産まれた個体であった。

表2-7. 創始個体の由来地域

Table 2-7. Location of founder individuals.

| | Male | Female |
|--------------------------------------|------|--------|
| Namibia | 17 | 9 |
| South Africa | 12 | 11 |
| Transvaal (Present: South Africa) | 2 | 3 |
| Botswana | 2 | 2 |
| Somalia | 1 | 0 |
| Unkown | 3 | 4 |
| Total | 37 | 29 |

創始個体は、雄ではナミビア個体が、雌では南アフリカ共和国個体が最も多かった（表2-7）。現在飼育される個体が、各創始個体にどの程度由来しているかについて分析を行った結果を、表2-8、2-9に示した。創始個体の遺伝子保有率は、雌雄それぞれに、（各創始個体に由来する個体数）÷（現在の飼育個体）×100で算出した。

雌では、南アフリカ共和国個体である#338に由来する雌が50%、雄が44%と高い割合を示した（表2-8）。また、南アフリカ共和国個体である#2071、由来が不明

である#1577 で約 20%と高い割合を占めていた (表 2-8)。雄においても、南アフリカ共和国個体である#337, #644 において、どちらも由来する雌が 50%, 雄が 44%と高い割合を示した (表 2-9)。次いで、ナミビア個体#2398 と南アフリカ共和国個体#642, #2117 に由来する雌雄共に 20%以上と高い割合を占めていた (表 2-9)。すなわち、雌雄共に南アフリカ共和国個体の一部に血縁が偏っていた。

国内で繁殖した創始個体は、雄#778, #3478, 雌#1846, #1849, #3481 の 5 頭であった。5 頭共に 1.8~5.7%と低い由来頭数となっていた (表 2-8, 2-9)。

表2-8. 各雌の創始個体に由来する個体数

Table 2-8. Population derived from the founder of each individual female.

| #Stud | Location | ♀ | | ♂ | |
|-------|-----------|------------|------|------------|------|
| | | No.animals | % | No.animals | % |
| #645 | NAMIBIA | 6 | 11.5 | 12 | 22.2 |
| #1800 | NAMIBIA | 10 | 19.2 | 9 | 16.6 |
| #1846 | NAMIBIA | 3 | 5.7 | 1 | 1.8 |
| #1849 | NAMIBIA | 3 | 5.7 | 1 | 1.8 |
| #2279 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 1 | 1.8 |
| #2284 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 1 | 1.8 |
| #2544 | NAMIBIA | 0 | 0 | 1 | 1.8 |
| #3481 | NAMIBIA | 0 | 0 | 1 | 1.8 |
| #3834 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #338 | S.Africa | 28 | 53.8 | 24 | 44.4 |
| #339 | S.Africa | 15 | 28.9 | 14 | 25.9 |
| #648 | S.Africa | 12 | 23 | 8 | 14.8 |
| #907 | S.Africa | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #2063 | S.Africa | 8 | 15.3 | 6 | 11.1 |
| #2071 | S.Africa | 17 | 32.6 | 10 | 18.5 |
| #2553 | S.Africa | 2 | 3.8 | 6 | 11.1 |
| #2796 | S.Africa | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #3950 | S.Africa | 5 | 9.6 | 4 | 7.4 |
| #4276 | S.Africa | 6 | 11.5 | 16 | 29.6 |
| #5822 | S.Africa | 2 | 3.8 | 2 | 3.7 |
| #2962 | TRANSVAAL | 2 | 3.8 | 2 | 3.7 |
| #3635 | TRANSVAAL | 8 | 15.3 | 8 | 14.8 |
| #3687 | TRANSVAAL | 2 | 3.8 | 0 | 0 |
| #488 | BOTSUWANA | 4 | 7.6 | 3 | 5.5 |
| #490 | BOTSUWANA | 2 | 3.8 | 2 | 3.7 |
| #487 | VARDAY | 4 | 7.6 | 5 | 9.2 |
| #1011 | VARDAY | 5 | 9.6 | 8 | 14.8 |
| #1577 | VARDAY | 17 | 32.6 | 14 | 25.9 |
| #6214 | PARYS | 2 | 3.8 | 2 | 3.7 |

表2-9. 各雄の創始個体に由来する個体数

Table 2-9. Population derived from the founder of each individual male.

| #Stud | Location | ♀ | | ♂ | |
|-------|-----------|------------|------|------------|------|
| | | No.animals | % | No.animals | % |
| #486 | NAMIBIA | 4 | 7.6 | 5 | 9.2 |
| #494 | NAMIBIA | 2 | 3.8 | 1 | 1.8 |
| #628 | NAMIBIA | 6 | 11.5 | 12 | 22.2 |
| #670 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 1 | 1.8 |
| #778 | NAMIBIA | 2 | 3.8 | 1 | 1.8 |
| #1018 | NAMIBIA | 10 | 19.2 | 9 | 16.6 |
| #1819 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 1 | 1.8 |
| #2278 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 1 | 1.8 |
| #2384 | NAMIBIA | 10 | 19.2 | 9 | 16.6 |
| #2396 | NAMIBIA | 7 | 13.4 | 5 | 9.2 |
| #2398 | NAMIBIA | 14 | 26.9 | 14 | 25.2 |
| #2521 | NAMIBIA | 4 | 7.6 | 6 | 11.1 |
| #2543 | NAMIBIA | 2 | 3.8 | 3 | 5.5 |
| #2635 | NAMIBIA | 3 | 5.7 | 0 | 0 |
| #3827 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 1 | 1.8 |
| #3839 | NAMIBIA | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #3478 | NAMIBIA | 0 | 0 | 1 | 1.8 |
| #337 | S.Africa | 27 | 51.9 | 24 | 44.4 |
| #343 | S.Africa | 8 | 15.3 | 6 | 11.1 |
| #642 | S.Africa | 14 | 26.9 | 14 | 25.9 |
| #644 | S.Africa | 29 | 55.7 | 24 | 44.4 |
| #2117 | S.Africa | 13 | 25 | 16 | 29.6 |
| #2399 | S.Africa | 3 | 5.7 | 5 | 9.2 |
| #2552 | S.Africa | 6 | 11.5 | 12 | 22.2 |
| #3336 | S.Africa | 0 | 0 | 1 | 1.8 |
| #3965 | S.Africa | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #4530 | S.Africa | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #6089 | S.Africa | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #7807 | S.Africa | 1 | 1.9 | 0 | 0 |
| #2522 | SOMALIA | 0 | 0 | 4 | 7.4 |
| #3124 | TRANSVAAL | 0 | 0 | 1 | 1.8 |
| #3632 | TRANSVAAL | 1 | 1.9 | 2 | 3.7 |
| #731 | BOTSUWANA | 4 | 7.6 | 3 | 5.5 |
| #1012 | BOTSUWANA | 2 | 3.8 | 2 | 3.7 |
| #2385 | - | 0 | 0 | 1 | 1.8 |
| #6217 | PARYS | 2 | 3.8 | 2 | 3.7 |
| #6453 | PARYS | 1 | 1.9 | 2 | 3.7 |

(8) キングチーターの血統

多摩動物公園で生まれた 4 頭のキングチーターは、#5711×#7096 と#5722×#7092 の 2 つのペアから生まれた。キングチーターは劣勢遺伝の結果生じるとい
う報告 (Aarde and Dyk 1986) から、この 4 頭はキングチーターの遺伝子を保有し
ていると考えられる。この 4 頭が保有する遺伝子がどのように受け継がれてきた
のかを探るために、International Cheetah Studbook 2012 から血統を調査した。その
結果、図 2-11, 2-12 に示すような血統図となった。4 頭共通の創始個体は、雄#337,
#644, #2117, 雌#338 の 4 頭であった (図 2-12, 2-13)。この 4 頭全てが南アフリ
カ共和国個体であった (図 2-12, 2-13)。

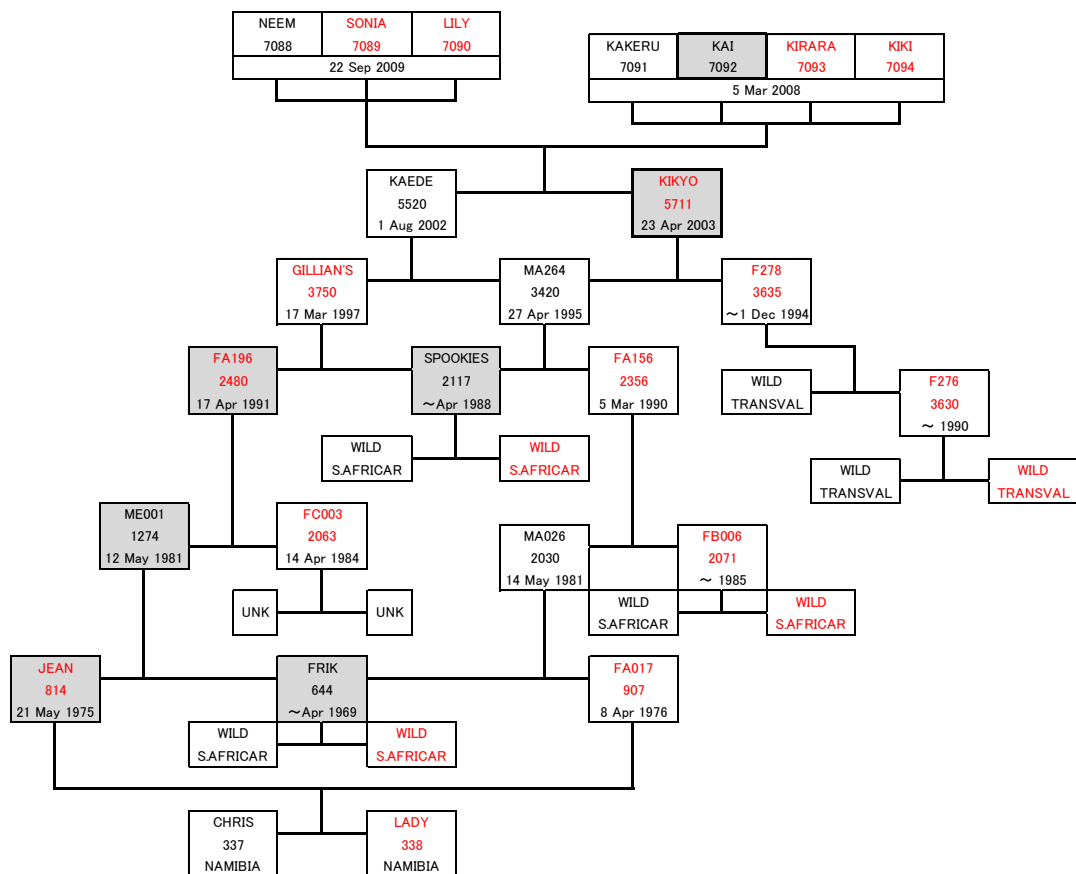


図2-12. #7092, #5711の血統
赤字が雌，黒字が雄を示す。網掛けは，キングチーター遺伝子を保有する個体。

Fig. 2-12. Pedigree of #7092 and #5711
Red and Black letters indicate Females and Males respectively. Shaded boxes indicate the individuals which have king cheetah gene.

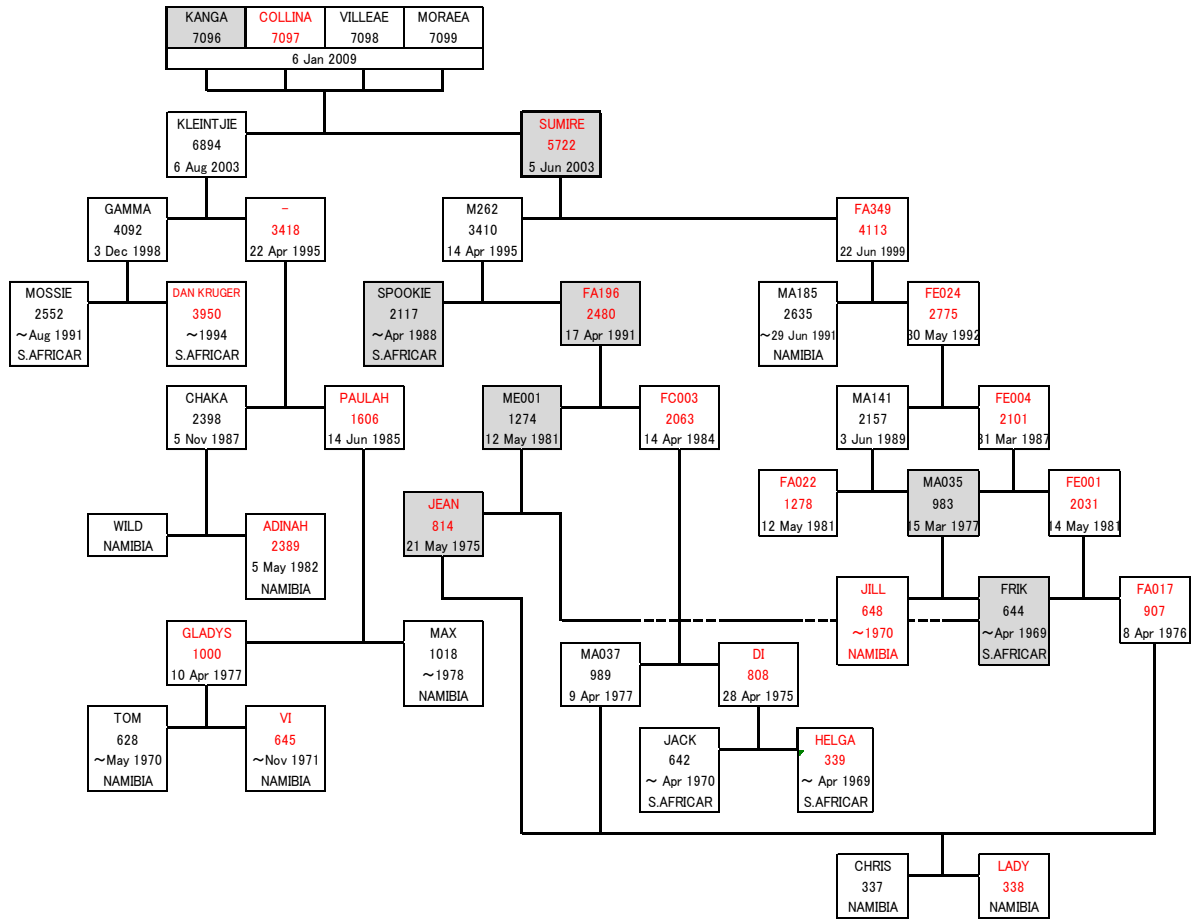


図2-13. #7096, #5722の血統
赤字が雌，黒字が雄を示す。網掛けは，キングチーター遺伝子を保有する個体。

Fig. 2-13. Pedigree of #7096 and #5722
Red and Black letters indicate Females and Males respectively.
Shaded boxes indicate the individuals which have king cheetah gene.

第4節 考察

(1) 生存状況

2012年現在までに国内で産まれた314頭のうち114頭が1歳未満で死亡していた。その中でも1ヵ月以内の死亡数が最も多く、主な死因は呼吸器系、外傷性（親による傷害）、死産などであった（表2-4、図2-8）。南アフリカにおける30日以内の子の死亡原因は、日本国内と同様に呼吸器系疾患（肺炎）が最も多いと報告されている（Munson et al. 1999）。Wielebnowski et al. (1996)の報告では、非近交のペアでは、外発的要因（外傷や子育て）、内発的要因（死産、早産など）、感染症の3つの要因に偏りなく発生するのに対し、近交のペアでは内発的要因が最も多く発生していた。また、チーターは他のネコ科（ヒョウ=0.029、トラ=0.035など）と比べてヘテロ接合度は0.014と低い傾向にあるにも拘らず、一腹当たり生き残る子の数は最も多い（Wielebnowski et al. 1996）。これは一腹当たりの出産数が他のネコ科に比べ1.5～2倍であることが関係していると考えられる（Wielebnowski et al. 1996）。本研究において、1歳未満の死亡原因に、内発的要因（死産）に偏りは見られなかったこと、米田ら（2009）において国内の飼育下個体62頭における遺伝的多様性を解析した結果、野生集団と同程度の遺伝的多様性が存在することが明らかとなったことから、近交の影響を受けていないと推察される。しかし、年代別に死因を見てみると、死産の割合が増加し、その他の死因の割合は減少していた（図2-8）。この死産の割合の増加が、遺伝的多様性の低下によるものか、その他の死因が治療により改善されたかについては明らかにすることはできなかった。

成獣の死亡原因は、泌尿器系疾患が最も多く、次いで消化器系疾患が多く見られた（表2-4）。南アフリカ、北アメリカの飼育下個体においても日本国内と同様に泌尿器系疾患（糸球体硬化症および腎炎）と消化器系疾患（胃炎および循環障害性肝障害）による死亡率が他の疾患に比べ非常に高いと報告されている

(Munson 1993; Munson et al. 1999; Munson et al. 2005)。しかし、北アメリカの飼育頭数の 51%以上、南アフリカの 69%が胃炎で死亡しており、消化器系疾患が第一主要因となっていた (Munson 1993; Munson et al. 1999; Terio et al. 2005)。嘔吐、減量、成長障害を引き起こす胃炎は、生存するチーターの 91~100%が慢性的に普及しているとされており、若い個体での死亡率が多いと報告されている (Munson 1993; Munson et al. 1999; Terio et al. 2005)。また、飼育下チーターで腎不全の要因とされる糸球体硬化症は、人間の糖尿病の糸球体症やネズミの慢性ネフロパシーと似た症例を引き起こすことが報告されており、年齢増加に伴い増加することが報告されている (Bolton and Munson 1999)。この糸球体硬化症は、ネズミにおいて高タンパク質の餌と遺伝的変異の不足が促進する要因だとされている (Bolton and Munson 1999)。これらの疾患は、AA アミロイドシス感染個体で有意に増加しており (Papendick et al. 1997)、AA アミロイドシスの感染は、遺伝的均一性により感染個体の糞便を介して伝播することが示されている (Zhang et al. 2008)。また、Munson et al. (2005) の報告では、野生下個体 (ナミビア) と飼育下個体 (南アフリカ、北アメリカ) における、胃炎、循環障害性肝障害 (VOD)、糸球体硬化症の発症率を調査した結果、野生下個体に比べ飼育下個体で非常に高い発症率を示すことが示唆された。この原因として、遺伝的多様性の損失に加え、疾病の進行、悪化を加速させる慢性ストレス反応が正常な生理的恒常性及び免疫の調整の低下、飼育環境に適応させる能力を制限していることが考えられる (Munson et al. 2005)。

これらのことから、チーターにおいて幼獣の死因に遺伝的多様性の低下の影響は見受けられなかったが、死産の割合は増加傾向にあった。成獣の死因では、他の種では稀な疾患が多くみられ (Munson et al. 2005)、遺伝的多様性の低下、飼育による慢性的ストレス (制限領域、運動不足及び他個体との接触) が関係している可能性が考えられた。また、AA アミロイドシスによる疾病の増加も疑われると考えられる。しかし、年代による疾患数の変化が起こった原因は、本研究から

明らかにすることができなかった。

(2) 繁殖傾向

野生個体，海外個体，国内個体間の有意な差は，一腹の出産数では雌，総繁殖年齢と初回の繁殖年齢では雌雄，最終の繁殖年齢では雄で確認された（表 2-2）。

雌の一腹の出産数において，野生個体より海外個体及び国内個体が多く，野生下個体と飼育下個体の間で有意差が認められた。Marker（1997）では，1829 年～1994 年において野生下と飼育下の一腹の出産数に違いが認められなかったとされており，異なる結果となった。これは，野生個体の繁殖例が主に 1979 年～1990 年にかけてであり，海外個体と国内個体の繁殖例が 1991 年以降であることから，飼育技術の向上による差異である可能性が考えられた。

総繁殖年齢，初回の繁殖年齢共に，雌において野生個体及び国内個体より海外個体が高齢であった。海外個体の繁殖が高齢であった原因として，輸入時の年齢が野生個体平均 1.45 歳（範囲 0～3 歳），海外個体が平均 2.68 歳（範囲 0～6 歳）と 1 歳以上の差があり，海外個体は繁殖可能年齢に達してからの導入が多かったことが考えられた。雌の繁殖成功は，2～10 歳の間で確認され，4，5 歳で最も成功の割合が高くなり，出産個体の数頭が死亡した例も減少していた（図 2-5）。失敗例については年齢での変化は見られなかった（図 2-5）。雌は，2.5～3 歳のときに繁殖し始め，6 歳のときに最大の生殖能力に達し（Beratinger et al. 2008），10 歳までが繁殖適齢期とされている（Marker 1997）。このことから，最大の生殖能力に達する 6 歳に向かって繁殖の成功度は増加すると考えられる。しかし，年齢ごとの失敗例に変化はないことから，年齢に関係なく繁殖失敗は発生し，繁殖適齢期の 10 歳まで問題なく繁殖にのぞむことができると考えられる。これに対し，雄においては，総繁殖年齢，初回の繁殖年齢共に，野生個体及び海外個体より国内個体が高齢であった。また，最終の繁殖年齢は，国内個体が野生個体，海外個

体に比べ低年齢であった。総繁殖年齢、初回と最終の繁殖年齢の3項目全てで、国内個体が野生個体、海外個体に比べ低年齢であるという結果となった。また、繁殖は1~13歳の間で報告されたが、性成熟前の1歳での繁殖は2例共に失敗していた。2歳以降の繁殖成功は5歳に向かって顕著に増加していた(図2-4)。雄は4.5歳以上の個体が繁殖に適しており、繁殖能力を11~12歳まで維持していると報告されている(Berstinger et al. 2008)。本研究においても、4.5歳以上である5歳以降の繁殖成功割合が増加しており、雄は雌に比べ高齢の13歳まで繁殖に至ることができたと考えられる。しかし、国内個体の死亡平均年齢が5.18歳と低いのは、高齢で繁殖に至った個体が少なかったことによると推察される。また、年齢別の繁殖成功割合の増加は、雌に比べ顕著な変化(図2-4, 2-5)が見られており、繁殖の成功には雄の年齢が関与している可能性も考えられた。

国内で産まれた314頭は、繁殖可能年齢(≧2歳)に達した個体の雄19%、雌20%によってもたらされていた(表2-1, 2-2)。Wildt et al. (1993)では、繁殖の機会が与えられた43頭の雌のチーターの約67%が非繁殖個体であったと報告しており、日本国内の非繁殖個体数と似た値を示していた。非繁殖個体が生じる要因は、Paula et al. (2006)ではチーターにおいて繁殖成功に影響を与える重要な要因が、パートナーにあると報告している。一方、アカゲザル(*Macaca mulatta*)においても、雌に交配機会を与えた時の繁殖活動の違いはパートナーから生じるものであり、性欲や行動上の問題の欠如ではないとされている(Goy 1979)。

また、国内の繁殖傾向として、繁殖に関わった雌の頭数は導入総数と雄の途中導入数で、繁殖例数は、雄の導入数、雄の途中導入数、由来数で説明された(表2-5)。繁殖雌の頭数、繁殖例数共に雄の新規個体の導入数が大きく関係しており、雄の導入が繁殖に大きく貢献していたと考えられる。導入された個体は、導入又は性成熟に達してから0~3年以内に繁殖に至っており、4年以降は減少する傾向が見られた(図2-10)。これは、チーターの繁殖成功は雌雄の断続的接触により引

き起こされ、雌雄を共に飼育していると互いに慣れが生じ、繁殖相手として認識できなくなること (Meltzer 1999) や雌を3~5頭の雄と見合わせることで繁殖計画を首尾よく進めることができること (Beratinger et al. 2008) などから、移動または性成熟から3年間に繁殖しない個体は、施設間での導入、搬出を行うことや、新規の雄を複数の施設から導入することにより、新規の雌雄同士を見合わせる機会を増やすことで、繁殖率の向上に貢献できると考えられる。

繁殖可能個体が同時期に同一施設で飼育されている場合、5例中4例(例3を除く)で繁殖個体間にそれぞれ繁殖に優位な個体が確認された(表2-6)。雌チーター2頭を同居させたところ下位の雌の発情が抑制されたこと(Wielebnowski et al. 2002)や、飼育舎の環境や同一施設での複数頭飼育がエストロゲン値や交尾の成功に影響している可能性がある(Kinoshita et al. 2011)などの報告から雌間の関係が繁殖に影響を及ぼしていると考えられる。しかし、複数雌が1回ずつ繁殖している例3や、優位個体の交代は確認できるが特定できない例1と例2の一部期間、例4の1979年~1981年11月の期間のように2頭どちらが優位か特定できない例も確認された(表2-6)。単独生活を主な様式とするイエネコでは、複数頭で飼育すると相対的な順位が発生し、さらに過密化におかれると絶対的な順位が発生すると報告されている(Paul 1979)。このことから、野生下で単独生活をする雌チーターを複数頭で同じ施設内で飼育することで相対的な順位が発生したのではないかと考えられる。

以上のことから、雄の新規個体導入により多くの雌雄が良いパートナーとペアになる機会を増やすことが重要であり、複数頭の繁殖可能な雌が同施設にいる場合、繁殖に優位な雌の特定又は、雌間の関係を考慮した繁殖計画が必要だと考えられる。

(3) 血統

2012年現在生存する106頭の創始個体は雄37頭、雌29頭であった。飼育集団下でボトルネックを避けるためには、遺伝的に貢献する創始個体を最低20~30個体用いる必要があるとされていることや (Frankam 2002), 米田ら (2009) において国内の飼育下個体62頭における遺伝的多様性を解析した結果, 野生集団と同程度の遺伝的多様性が存在することが明らかとなったことから, 現在の飼育集団の遺伝的多様性は保たれていると考えられる。しかし, 本研究において創始個体の貢献の割合には偏りがあり, 最も多いもので53.9%, 最も少ないもので1.8%であった (表2-8, 2-9)。また, 国内で3世代以上の繁殖を経た個体は3頭と少なく, その他の個体は2世代以内に海外又は野生から導入された個体が繁殖した個体であった。これらの個体の血縁を保つためには, 貢献割合が少ない創始個体を血縁に持つ個体を優先したペア形成が必要だと考えられる。

多摩動物公園で生まれた4頭のキングチーターは, 現在世界中で数十頭しか確認されていない突然変異種で, 野生下では1986年の南アフリカ, クルーガー国立公園での目撃を最後に発見されていない (Lindburg 1989)。キングチーターは, 1926年にPocockによって南ローデシアにて初めて発見され, 1927年にZoological Society of Londonにおいて, 通常のチーター(*Acinonyx jubatus*)とは別種キングチーター(*Acinonyx rex*)として報告された (Lindburg 1989)。しかし, 1981年De Widt Cheetah Breeding and Researchにおいて通常の斑点模様をもつ親から, キングチーターが生まれ, その後も通常のチーターと共に産まれることから, 突然変異種キングチーター(*Acinonyx jubatus*)として分類された (Lindburg 1989)。また, De Widt Cheetah Breeding and Researchにおけるキングチーターが産まれた血統の解析により劣勢遺伝によって生じることが示唆されている (Aarde and Dyk 1986)。今回繁殖した雌2頭 (#5711, #5722) は, De Widt Cheetah Breeding and Researchからの導入個体であり, 雄2頭 (#7092, #7096) はこの雌2頭から産まれた個体であった。

この4頭に共通の創始個体である雄#337, #644, #2117, 雌#338の4頭は, Aarde and Dyk (1986)において報告されたキングチーターの血統であった。また, この4頭の血統は国内のDe Widt Cheetah Breeding and Researchから導入された全ての個体が保有しており, この血統に由来する個体は25~55%と非常に多くなっていた。このことから, De Widt Cheetah Breeding and Researchに由来する個体は, これらの4頭が主に基礎となって繁殖した結果だと考えられる。

第5節 小括

2012年現在, 国内の飼育集団において野生集団同様の遺伝的多様性が保たれていると考えられるが, 創始個体の貢献度は偏りが見られ, 今後の繁殖によっては遺伝的多様性が減少していく可能性は大きい。チーターの死因には, 飼育環境による慢性的ストレスやAAアミロイドシスの感染による影響も示唆されるが, 遺伝的多様性の低下による原因も考えられる。これらの個体の血縁を保ち, 個体の増殖を行うためには, 血縁に考慮したペア形成が必要だと考えられる。

繁殖において, 雌だけでなく雄による影響が大きいことが示唆された。雄において, 年齢ごとの繁殖成功割合に顕著な差異が見られ, 5歳に向かって繁殖成功が増加していた。一方, 雌において年齢ごとの繁殖割合は4, 5歳に向かって緩やかに増加するものの, 雄のように顕著な違いは見られなかった。このことから, 繁殖成功度には, 雄の年齢が関係している可能性が考えられる。また, 2012年現在までに繁殖した個体の8割が移動または性成熟から3~4年間に繁殖しており, この期間以内に繁殖しない個体は, 施設間での導入, 搬出や, 新規の雄を複数の施設から導入により, 新規の雌雄同士を見合わせる機会を増やすことが重要である。複数頭の繁殖可能な雌が同じ施設にいる場合, 良いパートナーに恵まれないだけでなく, 雌間の関係が繁殖に影響を与えている可能性があることから, 繁殖に優位な雌の特定又は, 雌間の関係を考慮した繁殖計画が必要だと考えられる。

第3章

発情に影響する環境要因

第1節 緒言

これまでに報告されている雌チーターの発情周期に関する論文では、性行動の調査では約2週間 (Eaton and Craiga 1970), 血液中の性ホルモン動態の調査では10~12週間 (Doi et al. 1995), 糞中の性ホルモン動態の調査では3~4週間 (Czekala et al. 1994), 膣スメア細胞像の調査では10~12日間 (Asa et al. 1992) など, 発情周期が大きく異なっており, 統一した明確な見解が示されていない。また, 長期の無発情期が続くことがあるとも報告されている (Brown et al. 1996)。一方で, 雌チーターを2頭で同居させたところ下位の雌の発情が抑制されたこと (Wielebnowski et al. 2002) や飼育舎の環境や同一施設での複数頭飼育がエストロゲン値や交尾の成功に影響している可能性がある (Kinoshita et al. 2011) とも報告されている。また, 2009年1月にアメリカのサンディエゴ野生動物公園で雄チーターの発する特殊な鳴き声が雌の排卵を誘発することが報道された (Kalplan 2009)。これらのことから, 雌チーターの発情は, 環境要因が大きく関係している可能性が考えられる。

これらのことから, 本章では糞中エストラジオール-17 β 含量の推移及び繁殖行動, 鳴き声を指標として, 放飼順, 放飼方法, 個体の導入及び繁殖状況などの飼育下での環境の変化が発情に与える影響と要因を探ることを目的とした。

第2節 方法

(1) 行動観察

1) 観察方法

2009年8月～2009年11月・2010年6月～8月・2010年10月～2011年2月・2011年5月～7月・2012年9月～2013年12月の30ヵ月間合計258日間観察を行った。全ての観察は、チーターの放飼時間帯9時～16時20分の間に行った。観察するチーターは、観察日に小放飼場・大放飼場・予備放飼場に放飼されたチーターを対象に行った(図3-1)。観察方法は、放飼個体の変化に応じて目視・ビデオ録画のどちらかで観察を行った。目視は観覧側から行い、ビデオ録画は大放飼場を観覧側からカメラ2台で、小放飼場は放飼場上部からカメラ2台で、予備放飼場は常設されている防犯カメラ1台又は、小放飼場同様に上部からカメラを1台設置し録画を行った。

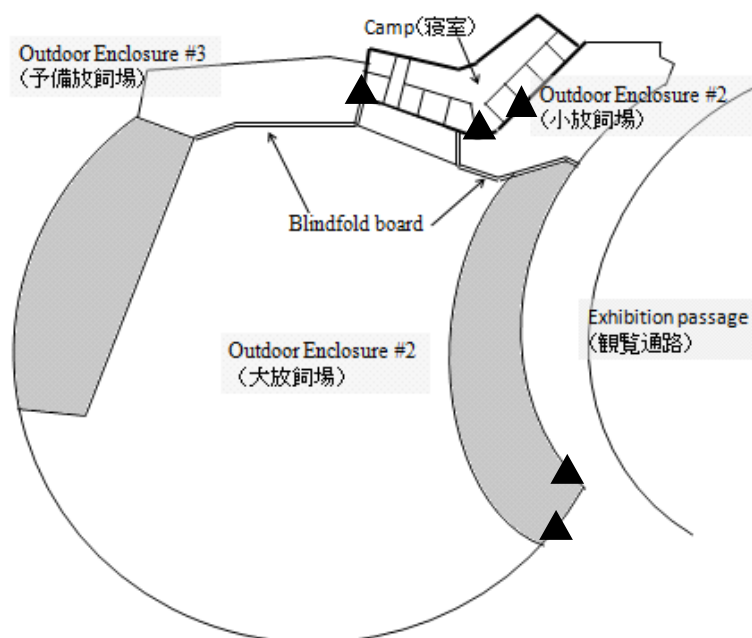


図3-1. 多摩動物公園チーター舎見取り図

▲は、ビデオ設置場所を示す。

Fig. 3-1. Layout of the outdoor enclosure and camp in Tama Zoological Park.

▲=Video setting position

2) 観察機材

ビデオカメラ HANDYCAM DCR-SR87(SONY,東京)

ビデオカメラ HANDYCAM HDR-CX120(SONY,東京)

ビデオカメラ HANDYCAM HDR-CX270(SONY,東京)

マイクロビデオカメラシステム SUV-Cam II (ELMO,愛知)

マイクロビデオカメラシステム SUV-Cam Pro (ELMO,愛知)

3) 対象個体と飼育管理

多摩動物公園で、2009年～2014年の間に全30頭（雌14頭，雄16頭）が飼育されていた（表3-1）。寝室は9部屋あり，展示時間以外は1頭1部屋（兄弟，親子を除く）の寝室に収容されていた（図3-1）。観察期間中にキキョウが3回（雌3頭，雄5頭）スマレが2回（雌4頭，雄5頭）出産し，そのうちナデシコ・イブキ・ファンク・アネモネの4頭はキングチーターであった（表1）。また，観察期間中に新たなペア形成や繁殖を目指すためにブリーディングローンを行い，雌11頭，雄7頭の計18頭が国内の他施設へ移動した（表3-2）。これらの対象個体は，各々の放飼場に2～3交代で放飼されていた（表3-3）。展示時間中（9時～16時20分）は，3つの放飼場（小放飼場，大放飼場，予備放飼場）にそれぞれ単独（ペアリング，兄弟，親子を除く）で放飼されており，隣接した放飼場は板で目隠しを施し視覚的接触ができないようになっていた（図3-1）。ペアリングは，フェンス越しに雌雄で見合いをさせ，雌が雄の前で前湾姿勢やローリングをするなどの反応が見られた場合，同放飼場に雌雄を放飼して行った。餌は，馬肉と鶏頭にカルシウムを添加して与え，週1回ずつ生餌としてウサギを与える日と絶食日が設定されていた。

表3-1. 対象個体

Table 3-1. Object individuals.

| Name | #Stud | Sex | Age* | Dam×Sire (Birthday) | | |
|-----------|-------|-----|------|-----------------------------------------------------|------|------|
| MANSAKU | #4315 | M | 8 | | | |
| ENJU | #4531 | M | 8 | | | |
| KAEDE | #5520 | M | 7 | | | |
| KIKYO | #5711 | F | 6 | | | |
| SUMIRE | #5722 | F | 6 | | | |
| BOTAN | #6115 | F | 4 | | | |
| SAVANNA | #6218 | F | 4 | | | |
| KAKERU | #7091 | M | 1 | KIKYO×KAEDE (5.Mar.2008) | | |
| KAI | #7092 | M | 1 | | | |
| KIRARA | #7093 | F | 1 | | | |
| KIKI | #7094 | F | 1 | | | |
| KANGA | #7096 | M | 0 | SUMIRE×KILIME (6.Jan.2009 from Fuji Safari park) | | |
| COLLINA | #7097 | F | 0 | | | |
| NEEM | #7088 | M | 0 | KIKYO×KAEDE (22.Sep.2009) | | |
| SONIA | #7089 | F | 0 | | | |
| LILY | #7090 | F | 0 | | | |
| KURUMI | #8261 | M | 0 | KIKYO×KANGA (14.Apr.2011) | | |
| GEEMA | #8262 | M | 0 | | | |
| LILA | #8263 | F | 0 | | | |
| KIRI | #8301 | M | 0 | SUMIRE×KAI (11.Jun.2011) | | |
| SUTERA | #8302 | F | 0 | | | |
| IRIS | #8303 | F | 0 | | | |
| NADESHIKO | #8304 | F | 0 | | King | |
| SYUREN | - | M | 0 | KIKYO×KANGA (10.Oct.2012) | | |
| IBUKI | - | M | 0 | | | King |
| ANEMONE | - | F | 0 | SUMIRE×KAI (6.Jan.2013) | King | |
| FANG | - | M | 0 | | | King |
| ASUNARO | - | M | 0 | | | |
| FEI | - | M | 0 | | | |
| SATSUKI | - | M | 0 | | | |

*観察開始時の年齢

*Age at the time of an observation start

表3-2. 観察期間中の移動歴

Table 3-2. The move history in an observation period.

| Transfer Date | Name | #Stud | Location of Transfer |
|---------------|---------|-------|-----------------------------------|
| 28.Oct.2009 | SUMIRE | #5722 | visit from Fuji Safari Park |
| | KANGA | #7096 | |
| | COLLINA | #7097 | |
| 28.Oct.2009 | SAVANNA | #6218 | import to Fuji Safari Park |
| 10.Mar.2010 | MANSAKU | #4315 | import to Akiyoshidai Safari Land |
| | ENJYU | #4531 | |
| 17.Mar.2010 | KIRARA | #7093 | import to Adventur World |
| | KIKI | #7094 | |
| 8.Oct.2011 | COLLINA | #7097 | import to Izu Animal Kingdam |
| 10.Jul.2012 | SONIA | #7089 | import to Himeji Central Park |
| 13.Mar.2013 | NEEM | #7088 | import to Adventur World |
| | KIRI | #8301 | |
| | SUTERA | #8302 | |
| | IRIS | #8303 | |
| 4.Apr.2013 | GEEMA | #8262 | import to Asa Zoo |
| 4.Apr.2013 | KURUMI | #8261 | import to Akiyoshidai Safari Land |
| 10.Dec.2013 | BOTAN | #6115 | import to Himeji Central Park |
| | LILA | #8263 | |
| 16.Jun.2014 | SUMIRE | #5722 | import to Adventur World |
| | ANEMONE | - | |
| 30.Jun.2014 | ASUNARO | - | import to Zoorashia |

表3-3. 放飼順

Table 3-3. Turn of pasturing.

a) Aug~Nov in 2009

| Observation day | Outdoor Enclosure #1 | | Outdoor Enclosure #2 | | Outdoor Enclosure #3 | | | | |
|-----------------|----------------------|---------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|------------------|------------------------------------|--------------|
| Aug | 6 | SAVANNA | BOTAN | MANSAKU/ENJU | | KIKYO | | | |
| | 7 | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | |
| Sep | 27 | SAVANNA | BOTAN | MANSAKU /ENJU | KAKERU/ KAI/ KIRARA/ KIKI | KIKYO | | | |
| | 1 | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | |
| Oct | 17 | KAEDE | SAVANNA | MANSAKU /ENJU | KAKERU/ KAI/ KIRARA/ KIKI | KIKYO family | | | |
| | 24 | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | |
| Nov | 22 | KAEDE | BOTAN | MANSAKU /ENJU | KAKERU/ KAI/ KIRARA/ KIKI | KIKYO family | | | |
| | 27 | | BOTAN | | | | | | |
| | 29 | SUMIRE family | KAEDE | | | | MANSAKU /ENJU | KAKERU/ KAI/ KIRARA/ KIKI | KIKYO family |
| | 9 | | KAEDE | | | | | | |
| | 10 | SUMIRE family | BOTAN | | | | | | |
| 16 | BOTAN | | | | | | | | |
| 24 | KIKYO family | SUMIRE family | MANSAKU /ENJU | KAKERU/ KAI/ KIRARA/ KIKI | KIKYO family | | | | |
| 26 | | SUMIRE family | | | | | | | |
| | | | | | | KAEDE | | | |
| | | | | | | KAEDE | | | |
| | | | | | | BOTAN | | | |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子

キキョウ親子=母親キキョウ, 子ニーム・ソニア・リリー

スマレ親子=母親スマレ, 子カンガ・コリナ

Red=Female, Black=Male, Blue=family

KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: NEEM・SONIA・LILY

SUMIRE family=Dam: SUMIRE, Cubs: KANGA・COLLINA

b) Jun~Aug, Oct~Dec in 2010

| Observation day | Outdoor Enclosure #1 | Outdoor Enclosure #2 | | Outdoor Enclosure #3 | | |
|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|---------------|---------------|
| Jun | 17 | KIKYO family | BOTAN | | KAKERU/KAI | |
| | 21 | | BOTAN×KAKERU | | | |
| | 28 | | SUMIRE×KAKERU | | | |
| Jul | 2 | | KAKERU/KAI | BOTAN | KANGA/COLLINA | |
| | 5 | | | | | |
| | 9 | | | | | SUMIRE |
| | 20 | | | | | |
| | 23 | | | | | |
| Aug | 27 | | SUMIRE×KAKERU | | | |
| | 30 | | SUMIRE | | | |
| | 5 | BOTAN | SUMIRE | | | |
| | 10 | BOTAN×KAKERU | | | | |
| | 13 | | | | | |
| Oct | 17 | KANGA/COLLINA | | | | |
| | 20 | KANGA/COLLINA | KAKERU/KAI | | | |
| | 24 | KAKERU/KAI | KIKYO family | KANGA/COLLINA | BOTAN | |
| | 26 | | | | | |
| | 1 | | | | | |
| | 6 | | | | | |
| | 7 | | | | | |
| | 12 | | | | | |
| | 14 | | | | | |
| | 15 | | | | | |
| | 16 | | | | | |
| | 19 | | | | | |
| | 21 | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| Nov | 23 | | | | SUMIRE | |
| | 24 | | | | | |
| | 26 | | | | | |
| | 28 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| Dec | 5 | BOTAN | KAKERU/ KAI | KIKYO×KANGA | KANGA/COLLINA | KIKYO family |
| | 11 | | | | KIKYO family | KANGA/COLLINA |
| | 19 | | | | | |
| | 26 | | | | | |
| | 30 | | | | | |
| Dec | 10 | | | | | |
| | 14 | | | | | |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子

キキョウ親子=母親キキョウ, 子ニーム・ソニア・リリー

Red=Female, Black=Male, Blue=family

KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: NEEM・SONIA・LILY

c) Jan~Feb, May~Jun in 2011

| Observation day | | Outdoor Enclosure #1 | | | Outdoor Enclosure #2 | | | Outdoor Enclosure #3 | |
|-----------------|----|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|---------|----------------|----------------------|---------------|
| Jan | 4 | BOTAN | KAKERU/KAI | KIKYO family | | KANGA | | COLLINA | SUMIRE |
| | 7 | | | NEEM/ SONIA/ LILY | SUMIRE/ COLLINA | KIKYO | KANGA | | |
| | 13 | | | | | KANGA | KIKYO | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| Feb | 1 | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | |
| May | 6 | NEEM/SONIA/ LILY | SUMIRE/ COLLINA | KANGA | BOTAN | | KAKERU/KAI | | KIKYO family |
| | 13 | KIKYO family | NEEM/ SONIA/ LILY | | BOTAN | COLLINA | KAKERU /KAI | SUMIRE | |
| | 26 | | SONIA/LILY | | | | | - | |
| | 31 | | | | | | | NEEM | SUMIRE family |
| Jun | 3 | KIKYO family | SONIA/LILY | KANGA | BOTAN | COLLINA | KAKERU /KAI | - | |
| | 10 | | | | | | | - | |
| | 14 | | | | | | | - | |
| | 24 | | | | | | | - | |
| Jul | 28 | SUMIRE family | | KIKYO family | | NEEM | | COLLINA | |
| | 15 | SUMIRE family | | KIKYO family | | NEEM | | COLLINA | |
| | 29 | SUMIRE family | | KIKYO family | | NEEM | | COLLINA | SONIA/LILY |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子

キキョウ親子=母親キキョウ, 子クルミ・ギーマ・リラ

スマレ親子=母親スマレ, 子キリ・ステラ・アイリス・ナデシコ

Red=Female, Black=Male, Blue=family

KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: KURUMI・GEEMA・LILA

SUMIRE family=Dam: SUMIRE, Cubs: KIRI・SUTERA・IRIS・NADESHIKO

d) Sep~Dec in 2012

| Observation day | Outdoor Enclosure #1 | | | Outdoor Enclosure #2 | | | Outdoor Enclosure #3 | | |
|-----------------|----------------------|-------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|--------|--|
| Sep | 3 | KIKYO | BOTAN | NEEM | | | LILY | KANGA | |
| | 6 | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | |
| | 22 | LILY | KANGA | BOTAN | KAHERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI/ LILA | SUMIRE family | | |
| | 24 | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | |
| | 28 | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | | | |
| Oct | 2 | | | | | | | KIKYO | |
| | 3 | BOTAN | GEEMA/ KURUMI/ LILA | LILY | KANGA | SUMIRE | KAHERU/ KAI | | |
| | 6 | | KANGA | BOTAN | | KAHERU/ KAI | SUMIRE | NEEM | |
| | 7 | | | | GEEMA/ KURUMI/ LILA | | | | |
| | 9 | LILY | KANGA | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | | | |
| Nov | 2 | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | SUMIRE | KAHERU/ KAI | | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 12 | LILA | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI | | | | |
| | 15 | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | |
| Dec | 1 | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | |
| | 8 | LILY | KIKYO family | | KANGA | | | | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | KAHERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | SUMIRE | |
| | 15 | | | | | | | LILA | |
| | 18 | LILY | KANGA | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子
 キキョウ親子=母親キキョウ, 子シュレン・イブキ
 スミレ親子=母親スミレ, 子キリ・ステラ・アイリス・ナデシコ

Red=Female, Black=Male, Blue=family
 KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: SYUREN・IBUKI
 SUMIRE family=Dam: SUMIRE, Cubs: KIRI・SUTERA・IRIS・NADESHIKO

e) Jan~Apr in 2013

| Observation day | | Outdoor Enclosure #1 | | | Outdoor Enclosure #2 | | | Outdoor Enclosure #3 | |
|-----------------|--------------|----------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|----------------|----------------------------------------|----------------------|------------------|
| Jan | 3 | LILY | KANGA | KIRI/SUTERA/ IRIS/NADESHIKO | LILA | KAKERU/KAI | | GEEMA/ KURUMI | |
| | 5 | | LILA | | KANGA | KAKERU/ KAI | KIRI/ SUTERA/ IRIS/ NADESHIKO | | |
| | 6 | | KIKYO family | LILA | | | | | |
| | 8 | | LILA | | KANGA | KAKERU/ KAI | KIRI/ SUTERA/ IRIS/ NADESHIKO | | |
| | 10 | | LILA | | | | | | |
| | 13 | | GEEMA/ KURUMI | LILA | KANGA | KAKERU/ KAI | KIRI/ SUTERA/ IRIS/ NADESHIKO | | |
| | 17 | | LILA | | | | | | |
| | 19 | | LILA | | KANGA | KAKERU/ KAI | KIRI/ SUTERA/ IRIS/ NADESHIKO | | |
| | 21 | | LILA | | | | | | |
| | 28 | | LILA | | KANGA | KAKERU/ KAI | KIRI/ SUTERA/ IRIS/ NADESHIKO | | |
| 29 | LILA | | | | | | | | |
| Feb | 3 | LILY | LILA | | KANGA | KAKERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | - | |
| | 5 | | LILA | | | | | | |
| | 7 | | KIKYO family | LILA | KANGA | KAKERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | - | |
| | 8 | | LILA | | | | | | |
| | 10 | | LILA | | KANGA | KAKERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | - | |
| | 11 | | KIKYO family | LILA | | | | | |
| | 16 | | KIKYO family | KANGA | LILA | KAKERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | - | |
| | 17 | | KANGA | | | | | | |
| | 21 | | KANGA | | LILA | KAKERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | - | |
| | 23 | | KIKYO family | KANGA | | | | | |
| 25 | KANGA | | LILA | KAKERU/ KAI | GEEMA/ KURUMI | - | | | |
| 28 | KANGA | | | | | | | | |
| Mar | 2 | SUMIRE family | KANGA | | LILA | KAKERU/ KAI | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI |
| | 3 | | KANGA | | | | | | |
| | 5 | | KANGA | | LILA | KAKERU/ KAI | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI |
| | 9 | | KAKERU/KAI | | | | | | |
| | 12 | | KIKYO family | KAKERU/KAI | NADESHIKO | LILA | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI |
| | 15 | | KAKERU/KAI | | | | | | |
| | 17 | | KAKERU/KAI | | NADESHIKO | LILA | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI |
| | 19 | | KAKERU/KAI | | | | | | |
| | 20 | | KAKERU/KAI | | NADESHIKO | LILA | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI |
| | 22 | | KIKYO family | KAKERU/KAI | | | | | |
| 24 | KAKERU/KAI | | NADESHIKO | LILA | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI | | |
| 26 | KIKYO family | KAKERU/KAI | | | | | | | |
| 29 | KAKERU/KAI | | NADESHIKO | LILA | LILY | KANGA | GEEMA/ KURUMI | | |
| 31 | KAKERU/KAI | KANGA | | | | | | | |
| Apr | 7 | SUMIRE family | KANGA | | LILA | KAKERU/ KAI | LILY | KANGA | |
| | 9 | | KANGA | | | | | | |
| | 11 | | KIKYO family | LILA | NADESHIKO | BOTAN | KAKERU/KAI | LILY | KANGA |
| | 13 | | KANGA | | | | | | |
| | 16 | | KANGA | | NADESHIKO | BOTAN | KAKERU/KAI | LILY | KANGA |
| | 18 | | LILA | KIKYO family | | | | | |
| | 20 | | KANGA | | NADESHIKO | BOTAN | KAKERU/KAI | LILY | KANGA |
| | 25 | | KANGA | | | | | | |
| | 26 | | KANGA | | NADESHIKO | BOTAN | KAKERU/KAI | LILY | KANGA |
| | 28 | | KANGA | | | | | | |
| 30 | KANGA | | NADESHIKO | BOTAN | KAKERU/KAI | LILY | KANGA | | |
| 31 | KANGA | | | | | | | | |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子
 キキョウ親子=母親キキョウ, 子シュレン・イブキ
 スミレ親子=母親スミレ, 子アネモネ・ファン・アスナロ・フェイ・サツキ
 Red=Female, Black=Male, Blue=family
 KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: SYUREN・IBUKI
 SUMIRE family=Dam: SUMIRE, Cubs: ANEMONE・FANG・ASUNARO・FEI・SATSUKI

f) May~ Aug in 2013

| Observation day | Outdoor Enclosure #1 | | | | Outdoor Enclosure #2 | | | Outdoor Enclosure #3 | |
|-----------------|----------------------|---------------|------|--------------|----------------------|-------|----------------|----------------------|-------|
| May | 7 | SUMIRE family | LILA | KIKYO family | NADESHIKO | BOTAN | KAKERU/ KAI | LILY | KANGA |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | |
| Jun | 6 | NADESHIKO | | LILA | | BOTAN | KIKYO family | LILY | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | |
| Jul | 2 | SUMIRE family | | | KAKERU/ KAI | | | KANGA | |
| | 6 | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | |
| | 16 | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | |
| | 28 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | |
| Aug | 2 | LILY | | BOTAN | | LILA | NADESHIKO | KIKYO family | - |
| | 5 | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子

キキョウ親子=母親キキョウ, 子シュレン・イブキ

スマレ親子=母親スマレ, 子アネモネ・ファンク・アスナロ・フェイ・サツキ

Red=Female, Black=Male, Blue=family

KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: SYUREN・IBUKI

SUMIRE family=Dam: SUMIRE, Cubs: ANEMONE・FANG・ASUNARO・FEI・SATSUKI

g) Sep~Dec in 2013

| Observation day | Outdoor Enclosure #1 | | | Outdoor Enclosure #2 | | | Outdoor Enclosure #3 | | |
|-----------------|----------------------|-----------|-------|----------------------|----------------|------------------|----------------------|------|-------|
| Sep | 1 | NADESHIKO | BOTAN | LILA | KAKERU/ KAI | SUMIRE family | KIKYO family | LILY | KANGA |
| | 3 | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | |
| Oct | 3 | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | | | |
| | 31 | | | | | | | | |
| Nov | 5 | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | |
| | 14 | | | | | | | | |
| | 18 | | | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | |
| | 28 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | |
| Dec | 1 | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | |
| | 13 | | | | | | | | |
| | 15 | | | | | | | | |
| | 17 | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | |

赤字=雌, 黒字=雄, 青字=親子

キキョウ親子=母親キキョウ, 子シュレン・イブキ

スマレ親子=母親スマレ, 子アネモネ・ファンク・アスナロ・フェイ・サツキ

Red=Female, Black=Male, Blue=family

KIKYO family=Dam: KIKYO, Cubs: SYUREN・IBUKI

SUMIRE family=Dam: SUMIRE, Cubs: ANEMONE・FANG・ASUNARO・FEI・SATSUKI

4) 観察項目

観察項目は、Wielebnoski and Brown (1998) をもとに、行動を Moving と Event の 2 種類に分け、全 13 項目を選出した。Moving は通常の継続する行動を中心とし、「歩く」「走る」「小走り」「座る」「横になる」の 5 項目とした。Event は特別な瞬間に起こる行動を中心とし、発情に関係するとされる行動「ローリング」「臭いをかぐ」「尿をかける」「体をこすりつける」「陰部をなめる」「フレーメン」「グルーミング」に加え、毎日起こる行動として「爪とぎ」の計 8 項目を選出した(表 3-4)。観察時間は 1~4 時間連続とし、13 項目の行動が起こるたびに記録する行動サンプリング法を用いた。

表3-4. 行動定義

Table 3-4. Behavioral definitions.(Wielebnowski and Brown 1998)

| | | |
|--------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Moving | Walk | To move forward by putting one foot in front of the other |
| | Run | To move very quickly, by moving your legs more quickly than when you walk. |
| | Trot | To walk or go somewhere, especially fairly quickly. |
| | Sitting | The hips were attached to the ground and it is sitting down. |
| | Lying | The bodily side is given to the ground and it lies. |
| Event | Roll | Rolls on back, rubbing the back on the ground while all paws are in the air, or rolls from one side to the other. |
| | Object sniff | Olfactory examination of ground or structures. |
| | Urine spray | Urinating in standing position with tail raised against a vertical structure. Visually the same as male urine spraying. |
| | Object rub | Rubs face, head, neck, or flanks on object. |
| | Genital groom | The public region is licked. |
| | Flehmen | Grimace with open mouth, wrinkled nose, retracted lips, and tongue may or may not protude over lips. Head is raised. This behavior is commonly seen after olfactory investigation of urine or other scent marks. |
| | Groom | Self-grooming by licking or nibbling fur. |
| | Nail filing | A nail is stood and scratched to a subject . |

(2) 糞中エストラジオール-17β, プロゲステロン含量の測定

糞を週 2~7 回, チーター舎室内の掃除前 (9 時頃) に継続的に採取し, ただちに-30℃で凍結保存した。糞中エストラジオール-17β, プロゲステロン含量の測定は, 80%メタノールを用いて抽出した後, Adachi et al. (2010) の報告した酵素免疫測定法 (EIA) により測定した。

(3) 鳴き声の録音, 解析

行動観察時の 2009 年 8 月~2009 年 11 月・2010 年 6 月~8 月・2010 年 10 月~2011 年 2 月・2011 年 5 月~7 月・2012 年 9 月~2013 年 12 月の 30 ヶ月間合計 258 日間音声の録音を行った。チーター舎の上部にマイクに接続したリニア PCM レコーダー 2 台 (ガラス放飼場に 1 台, 大放飼場・産室放飼場に 1 台) を常時設置し, 録音した (図 3-2)。録音した音声は, 音声解析ソフト RAVEN Cornell laboratory of Ornithology, Avisoft SASLab light pro の 2 つを使用して解析を行った。解析した音声は, 鳴っていた状況, 回数及びスペクトログラムの形で分類を行った。

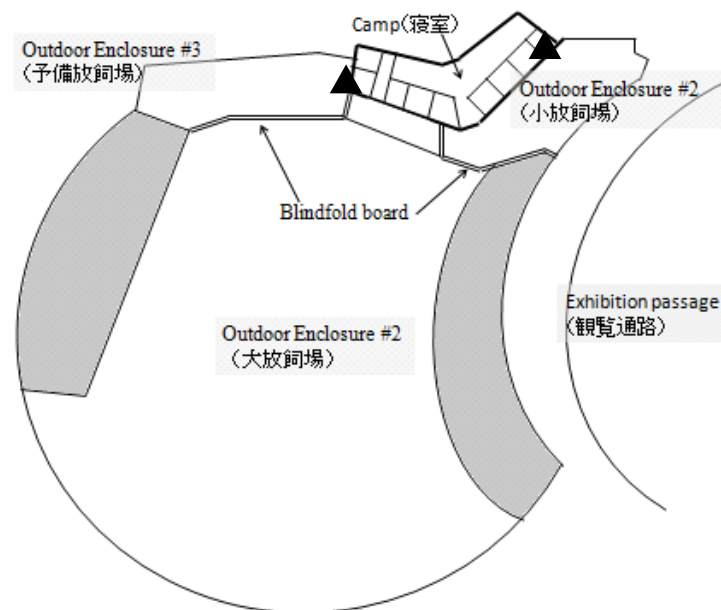


図3-2. 多摩動物公園チーター舎見取り図
▲は, リニアPCMレコーダー設置場所を示す。

Fig. 3-2. Layout of the outdoor enclosure and camp in Tama Zoological Park.
▲ = Linear PCM Recorder setting position

使用機材

リニア PCM レコーダー PCM-D50 (SONY, 東京)

リニア PCM レコーダー LS-11 (OLYMPUS, 東京)

指向性マイク ELECTRET CONDENSER MICROPHONE ECM-MS957 (SONY, 東京)

超指向性マイク バックエレクトレット・コンデンサー・マイクロホン

AT815b (audio-technica, 東京)

指向性マイク ELECTRET CONDENSER MICROPHONE ECM-G5M (SONY, 東京)

音声解析ソフト RAVEN Cornell laboratory of Ornithology

音声解析ソフト Avisoft SASLablight pro

(4) データ解析

データは、平均値±標準誤差にて表した。行動数は、行動数/観察時間×60分で1時間当たりの行動数に換算した。食肉目では糞中エストロゲン値と血中エストロゲン値には1~2日のタイムラグがあること (Young et al. 2004), また雌ではエストロゲンの効果が見られる前にエストロゲンの血中濃度が少なくても数時間は一定値以上維持される必要があること (Young et al. 1964) から、観察日の1時間当たりの行動数と観察日に採集した糞の糞中エストラジオール-17β 含量の spearman の順位相関係数を求めた。p<0.05 を有意とした。発情日は, Brown et al. (1996) の手法をもとに糞中エストラジオール-17β 含量が平均値+1.5 標準偏差以上の日とし, 2 ヶ月以上発情日が確認されない期間を無発情期として判断した。

第3節 結果

(1) 行動観察

2009年8月6日～2013年12月28日の間に合計258日間の観察を行った。各個人の観察期間，日数，合計時間は表3-5に示した。

表3-5. 観察期間・日数・合計時間

Table 3-5. Observation period and number of date, total hour

| Sex | Name | #Stud | Period | | Date | Total Hour |
|--------|-----------|-------|-------------|-------------|------|------------|
| | | | Start | Finish | | |
| Male | MANSAKU | #4315 | 6.Aug.2009 | 26.Nov.2009 | 21 | 74h38m |
| | ENJU | #4531 | 6.Aug.2009 | 26.Nov.2009 | 21 | 74h39m |
| | KAEDE | #5520 | 9.Oct.2009 | 10.Nov.2009 | 7 | 20h |
| | KAKERU | #7091 | 7.Aug.2009 | 28.Dec.2014 | 120 | 209h26m |
| | KAI | #7092 | 7.Aug.2009 | 28.Dec.2014 | 120 | 209h26m |
| | KANGA | #7096 | 29.Oct.2009 | 28.Dec.2014 | 137 | 179h25m |
| | NEEM | #7088 | 21.Jun.2010 | Nov.2.2012 | 55 | 102h16m |
| | KURUMI | #8261 | 3.Oct.2012 | Mar.31.2013 | 20 | 19h33m |
| | GEEMA | #8262 | 3.Oct.2012 | Mar.31.2013 | 20 | 19h33m |
| | SYUREN | - | 6.Dec.2012 | 28.Dec.2014 | 118 | 118h |
| | IBUKI | - | 6.Dec.2012 | 28.Dec.2014 | 118 | 118h |
| Female | KIKYO | #5711 | 21.Jun.2010 | 28.Dec.2014 | 158 | 190h23m |
| | SUMIRE | #5722 | 29.Oct.2009 | 28.Dec.2014 | 162 | 212h47m |
| | BOTAN | #6115 | 7.Aug.2009 | 7.Dec.2013 | 155 | 266h49m |
| | SAVANNA | #6218 | 7.Aug.2010 | 16.Oct.2009 | 17 | 48h35m |
| | KIRARA | #7093 | 7.Aug.2011 | 26.Nov.2009 | 24 | 70h58m |
| | KIKI | #7094 | 7.Aug.2012 | 26.Nov.2009 | 24 | 70h58m |
| | COLLINA | #7097 | 29.Oct.2009 | 19.Jul.2011 | 30 | 65h19m |
| | SONIA | #7089 | 21.Jun.2010 | 19.Jul.2011 | 41 | 71h |
| | LILY | #7090 | 21.Jun.2010 | 28.Dec.2014 | 212 | 308h25m |
| | LILA | #8263 | 3.Oct.2012 | 7.Dec.2013 | 124 | 146h59m |
| | NADESHIKO | #8304 | 17.Mar.2013 | 28.Dec.2014 | 121 | 121h |

(2) 糞中ホルモン測定

雌チーターの繁殖状態を知るために、多摩動物公園で飼育されていた雌4頭の糞中エストラジオール-17 β 及びプロゲステロン含量の測定を行った。各雌の糞中エストラジオール-17 β 含量及びプロゲステロン含量の範囲・平均は表3-6に示した。キキョウ及びスマレにおいては、通常時・妊娠・子育てのそれぞれの期間の範囲と平均値を算出した（表3-6）。

糞の回収は、放飼場内の糞の回収は困難であるため、朝掃除前にチーター舎内の糞のみ回収した。また、親仔で同じ室内で飼育されている場合、糞の個体識別が断定できないため、個体の断定ができた場合のみ回収を行った。このことから、サンプリング期間に子育て期間が含まれるキキョウ・スマレにおいて糞回収率が低くなっている（表3-6）。

糞中エストラジオール-17 β 含量の通常時の平均は、サバンナのみ 1.177 ± 0.104 $\mu\text{g/g}$ と他3頭（ボタン： 2.346 ± 0.182 $\mu\text{g/g}$ ・スマレ： 2.063 ± 0.262 $\mu\text{g/g}$ ・キキョウ： 2.337 ± 0.867 $\mu\text{g/g}$ ）に比べ低い値を示した。妊娠時の平均は、スマレ・キキョウ共に通常時より約1.5倍高い値（スマレ： 3.716 ± 0.757 $\mu\text{g/g}$ ・キキョウ： 2.641 ± 0.504 $\mu\text{g/g}$ ）を、子育て時は通常時より約1/2の低い値（スマレ： 1.232 ± 0.120 $\mu\text{g/g}$ ・キキョウ： 1.104 ± 0.102 $\mu\text{g/g}$ ）を示した（表3-6）。

糞中プロゲステロン含量の通常時の平均は、繁殖歴のないサバンナ（ 2.133 ± 0.124 $\mu\text{g/g}$ ）・ボタン（ 2.173 ± 0.053 $\mu\text{g/g}$ ）に比べ、繁殖経験のあるスマレ（ 3.274 ± 0.123 $\mu\text{g/g}$ ）・キキョウ（ 5.792 ± 0.738 $\mu\text{g/g}$ ）の方が高い値を示した（表3-6）。また、妊娠時の平均は、通常時よりスマレ約20倍（ 61.761 ± 6.113 $\mu\text{g/g}$ ）、キキョウ約8倍（ 45.585 ± 2.2073 $\mu\text{g/g}$ ）と高い値を示し、子育て時においても約2倍の値（スマレ： 5.491 ± 0.344 $\mu\text{g/g}$ ・キキョウ： 9.140 ± 0.381 $\mu\text{g/g}$ ）を示した（表3-6）。

表3-6. 糞採量とエストロジオール-17β (E2), プロジェステロン(P4)含量(μg/g)

| | Sampling period | | Number of sampling (day) | Collection rate (%) | Noramal | | Pregnancy | | Nursing Cubs | |
|---------|-----------------|------|-----------------------------|------------------------|----------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|
| | (month) | rate | | | Range | Average | Range | Average | Range | Average |
| SAVANNA | 4 | 80 | 65 | E2 | 0.263 - 5.697 | 1.177 ± 0.104 | — | — | — | — |
| | | | | P4 | 0.124 - 7.810 | 2.133 ± 0.124 | — | — | — | — |
| BOTAN | 23 | 452 | 64 | E2 | 0.065 - 51.632 | 2.346 ± 0.183 | — | — | — | — |
| | | | | P4 | 0.277 - 16.656 | 2.173 ± 0.053 | — | — | — | — |
| SUMIRE | 19 | 290 | 50 | E2 | 0.099 - 44.220 | 2.063 ± 0.262 | 0.602 - 27.477 | 3.716 ± 0.757 | 0.251 - 3.701 | 1.231 ± 0.120 |
| | | | | P4 | 0.593 - 12.010 | 3.274 ± 0.123 | 2.029 - 209.665 | 61.761 ± 6.113 | 1.116 - 13.139 | 5.491 ± 0.344 |
| KIKYO | 23 | 273 | 39 | E2 | 0.318 - 9.161 | 2.337 ± 0.867 | 0.219 - 33.725 | 2.641 ± 0.504 | 0.179 - 11.388 | 1.104 ± 0.102 |
| | | | | P4 | 2.522 - 9.162 | 5.792 ± 0.738 | 6.752 - 99.334 | 45.585 ± 2.207 | 0.432 - 31.969 | 9.140 ± 0.381 |

生理学的発情の兆候を探るために、Brown et al. (1996) の手法に基づき算出し、サバンナ 2.572 $\mu\text{g/g}$ 、ボタン 8.172 $\mu\text{g/g}$ 、スマレ 7.530 $\mu\text{g/g}$ 、キキョウ 6.651 $\mu\text{g/g}$ 以上の値の日を発情日とした (図 3-3)。その結果、サバンナ 6 回、ボタン 22 回、スマレ 6 回、キキョウ 2 回の発情が確認された (図 3-3)。また、Brown et al. (1996) に準じ、2 ヶ月以上発情が確認されなかった期間を無発情期とした結果、ボタン、スマレにおいて、無発情期が確認された (図 3-3)。ボタンは、2009 年 7 月 1 日～10 月 10 日 (およそ 102 日間)、2010 年 1 月 25 日～5 月 14 日 (およそ 110 日間)、2010 年 5 月 17 日～8 月 15 日 (およそ 90 日間) 及び 2010 年 11 月 3 日～2011 年 1 月 30 日 (およそ 89 日間) の計 4 回確認され、スマレでは、2010 年 4 月 28 日～8 月 28 日 (およそ 123 日間)、8 月 31 日～11 月 21 日 (およそ 83 日間) 及び 12 月 9 日～2011 年 2 月 20 日 (およそ 74 日間) の計 3 回確認された (図 3-3)。無発情期を除き、発情周期を調査した結果、サバンナ 23.25 ± 5.02 日 (範囲 10～32 日)、ボタン 17.43 ± 2.97 日 (範囲 4～46 日) であった。スマレ、キキョウにおいては、観察期間内の発情日が少なく周期を調査することはできなかった。

また、雄と交代放飼の有無によって、糞中エストラジオール- 17β 含量の推移に変化がみられるか調査した。ボタンにおいて 2009 年 7 月～9 月までの 2 ヶ月間雌との交代放飼を行い、2009 年 10 月に雄との交代放飼に変化させた結果、2 ヶ月間みられなかった発情がみられ、2009 年 10 月～2010 年 1 月の間に 15 ± 3.4 日の間隔で発情が観察された。しかし、1 月 25 日～5 月 16 日では発情が観察されなくなった (図 3-3)。

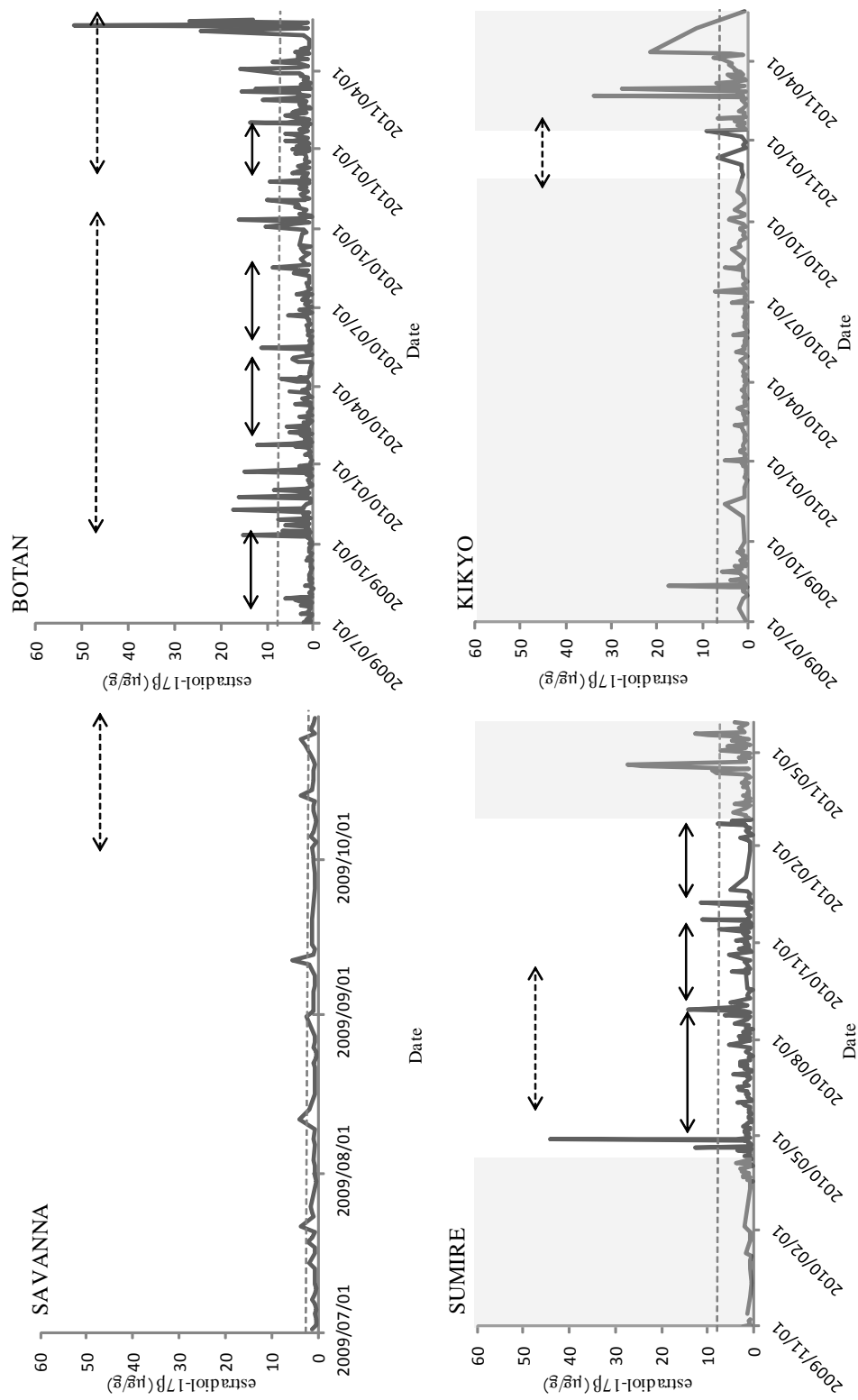


図3-3. 糞中エストロジオール-17β含量の変化

網掛け部分は妊娠又は子育て期間、点線は発情とした基準、実線矢印は無発情、点線矢印は雄と交代放飼されていた期間を示す。

Fig. 3-3. Representative individual longitudinal profiles of faecal estradiol-17β. Shaded part is pregnancy or nursing cubs. Dotted line is oestrus baseline. Solid arrow is anestrus. Dotted arrow is The period by which shift pasturage was carried out with the male.

(3) 成熟個体の鳴き声の分類

チーター間の音声コミュニケーションにおいて、何種類の鳴き声があり、その鳴き声に何の意味合いがあるのかを知るために、観察期間中48日間559時間31分の録音を行った。この録音時間内から、チーターの音声は全9319要素抽出された。これらの音声は、24種に分類することができた。

1) 雌雄共通で聞かれた鳴き声

雌雄共通で聞かれた鳴き声は、250要素抽出された。これらの要素は、図3-4に示した3種類に分類することができた。(A) (B) は他個体・来園者への威嚇で使用された。(C) は、兄弟や仲の良い他個体（主に兄弟など）と共にいるときに聞かれた。(A) ~ (C) の時間・最低周波数・最高周波数・最大周波数・最大パワー・帯域幅の値は表3-7に示した。(A) (C) の2種の鳴き声は、鳴いている時間が、他の鳴き声と比べ長く持続し、1秒以上続いた。

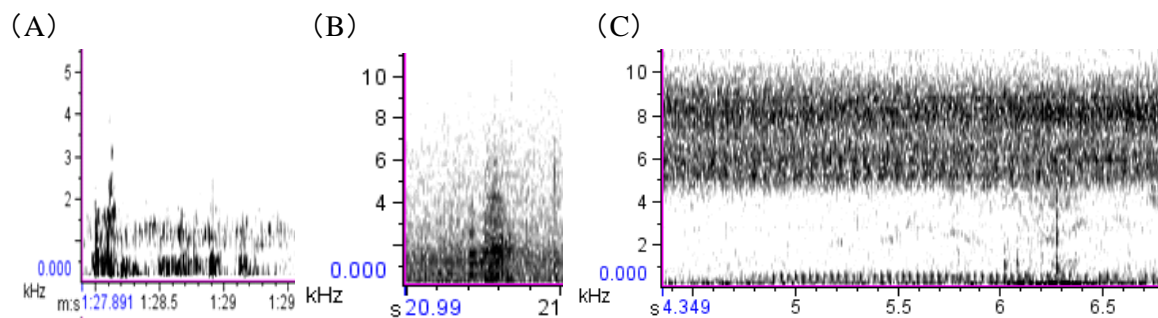


図3-4. 雌雄共通で聞かれた鳴き声

Fig. 3-4. Voice in males and females.

2) 成熟雄の鳴き声

成熟雄個体 7 頭から、5099 要素抽出された。これらの要素は、図 3-5 に示した 4 種類に分類することができた。この 4 種の音声は、雌の臭いに反応し鳴く場合と兄弟に対して鳴く場合に聞かれた。どちらの場合も 1 時間以上激しく鳴き続けることがあった。(E) の音声は、2009 年 1 月に報道された雄チーターの発する特殊な鳴き声(Kalpin 2009)と同じ音声であった。(D) ~ (G) の時間・最低周波数・最高周波数・最大周波数・最大パワー・帯域幅の値は表 3-7 に示した。

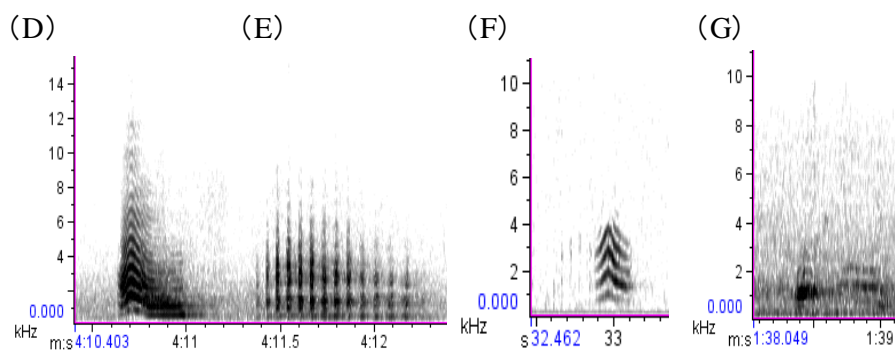


図3-5. 雄で聞かれた鳴き声

Fig. 3-5. Voice in males.

3) 成熟雌の鳴き声

成熟雌個体4頭のみから、1770要素抽出された。これらの要素は、図3-6に示した10種類に分類することができた。(H)は、ペアリングの際の雄への威嚇や来園者への威嚇の際に使用されているのが観察された。(K)～(O)は、雌が発情時に鳴くときに観察された。(I) (J)は、チーター舎内に収容されている時に録音された音声である。

(P) (Q)の2種類については、仔育て時に聞かれた音声で、母親が仔を呼び集めるときに使用された。(P)は、仔が見える範囲にいる時に発せられ、(Q)は仔が見える範囲にいない場合又は、遠く離れた場所にいる場合に使用された。

(H)～(Q)の時間・最低周波数・最高周波数・最大周波数・最大パワー・帯域幅の値は表3-7に示した。

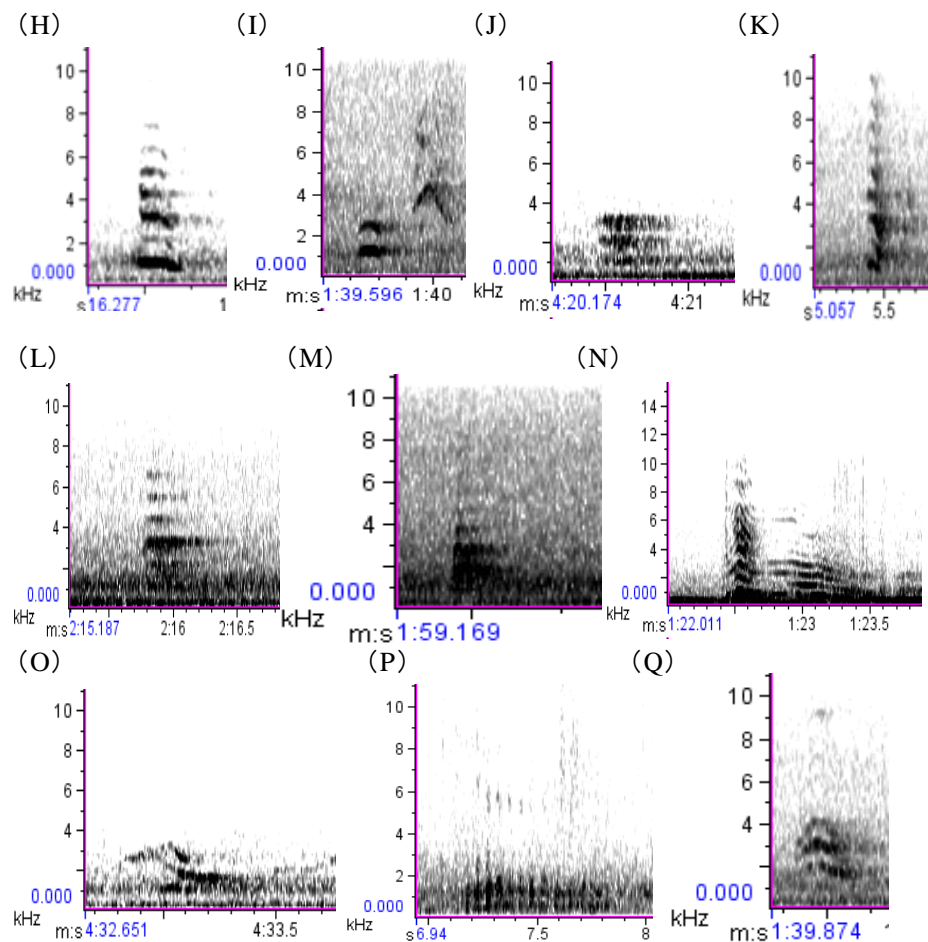


図3-6. 雌で聞かれた鳴き声

Fig. 3-6. Voice in females.

表3-7. 成熟個体の鳴き声の時間・最低周波数・最高周波数・最大周波数・最大パワースペクトル・帯域幅

Table 3-7. Times • Low Frequency • High Frequency • Max Frequency • Max Power • Bandwidth for voice of mature individuals.

| Voice number | n | Voice classification | Times(s) | Low Frequency (Hz) | High Frequency (Hz) | Max Frequency (Hz) | Max Power (db) | Bandwidth (Hz) |
|--------------|------|----------------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|------------------|
| A | 198 | Growling | 1.13 ± 0.08 | 136.10 ± 12.43 | 4411.30 ± 194.05 | 743.80 ± 31.65 | 89.40 ± 0.47 | 925.40 ± 74.65 |
| B | 48 | Growling | 0.62 ± 0.07 | 125.90 ± 20.60 | 5418.00 ± 449.88 | 986.90 ± 95.78 | 87.90 ± 0.99 | 1420.70 ± 260.52 |
| C | 4 | Purring | 1.16 ± 0.29 | 45.90 ± 23.11 | 1019.80 ± 82.67 | 344.55 ± 99.44 | 79.40 ± 2.76 | 215.30 ± 82.45 |
| D | 1802 | Barking | 0.42 ± 0.003 | 460.80 ± 6.87 | 5133.20 ± 62.23 | 1357.30 ± 8.68 | 90.10 ± 0.18 | 428.00 ± 8.56 |
| E | 3193 | Gurgle | 0.64 ± 0.006 | 121.50 ± 1.94 | 4445.30 ± 27.36 | 922.70 ± 8.58 | 84.90 ± 0.13 | 764.50 ± 8.04 |
| F | 48 | Barking 1 | 0.28 ± 0.009 | 639.60 ± 38.58 | 4376.70 ± 187.28 | 1584.00 ± 63.07 | 89.50 ± 0.96 | 674.00 ± 61.94 |
| G | 56 | Barking 2 | 0.59 ± 0.02 | 431.70 ± 42.44 | 3267.80 ± 109.55 | 1181.20 ± 48.17 | 88.40 ± 0.90 | 418.30 ± 37.94 |
| H | 69 | Growling | 0.42 ± 0.02 | 666.50 ± 40.10 | 7961.30 ± 0.11 | 2089.60 ± 122.11 | 89.10 ± 0.74 | 1033.50 ± 110.99 |
| I | 94 | Yelping 1 | 0.26 ± 0.01 | 632.10 ± 24.65 | 2883.10 ± 72.03 | 1306.60 ± 34.80 | 91.90 ± 0.80 | 386.60 ± 31.34 |
| J | 125 | Yelping 2 | 0.47 ± 0.01 | 593.30 ± 31.19 | 3701.40 ± 97.55 | 1678.20 ± 64.53 | 84.50 ± 0.52 | 868.20 ± 39.65 |
| K | 410 | Meowing 1 | 0.28 ± 0.008 | 615.80 ± 12.62 | 6745.40 ± 114.83 | 2000.70 ± 46.60 | 91.00 ± 0.38 | 1021.80 ± 36.92 |
| L | 92 | Meowing 2 | 0.59 ± 0.01 | 867.30 ± 39.61 | 6580.50 ± 221.02 | 2385.20 ± 85.03 | 83.50 ± 0.65 | 1294.80 ± 69.02 |
| M | 55 | Meowing 3 | 0.69 ± 0.02 | 956.40 ± 36.54 | 4633.20 ± 194.10 | 1910.50 ± 71.70 | 92.50 ± 0.59 | 720.30 ± 56.91 |
| N | 200 | Meowing 4 | 0.81 ± 0.04 | 412.40 ± 20.33 | 4642.20 ± 144.50 | 1099.90 ± 43.76 | 87.30 ± 0.56 | 500.40 ± 26.15 |
| O | 636 | Meowing 5 | 0.32 ± 0.01 | 586.70 ± 7.20 | 3302.00 ± 41.10 | 1562.80 ± 16.47 | 92.80 ± 0.23 | 505.40 ± 13.78 |
| P | 34 | Gurgle | 0.72 ± 0.05 | 223.00 ± 45.52 | 6737.70 ± 472.36 | 1089.30 ± 92.49 | 89.40 ± 0.92 | 830.90 ± 47.39 |
| Q | 55 | Barking | 0.23 ± 0.01 | 585.50 ± 35.64 | 3094.40 ± 77.10 | 1437.60 ± 65.41 | 85.30 ± 1.17 | 494.80 ± 58.60 |

(4) ペアリング

表 3-8 に示した日程にペアリングを行った。ペアリングは雌の発情指標行動の増加・雄の恋鳴きの発現・増加を目安に行った。まず、フェンス越しに雌雄を対面させ、雌雄の反応を観察し、雌から雄に近寄る・雄の目の前で「ローリング」するなどの行動が見られ、攻撃の兆候がなかった場合に同放飼場に雌雄を共に放飼した。雌雄を共に放飼した場合、過度の攻撃が行われた場合、迅速にペアリングを中止した。

表3-8. ペアリング詳細

Table 3-8. Detail of pairing

| | SUMIRE×KAKERU | | BOTAN×KAKERU | | KIKYO×KANGA | | SUMIRE×KAI |
|------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| | First | Second | First | Second | First | Second | First |
| Date | 28.Jun.2010 | 27.Jul.2010 | 21.Jun.2010 | 26.Aug.2010 | 2.Nov.2010 | 5.Nov.2010 | 6.Oct.2012 |
| Time | 32m | 9m | 2h15m | 2h45m | 2h49m | 10m | 10m |
| Method | Pasturing | Match making | Match making | Pasturing | Pasturing | Match making | Pasturing |
| Chasing | 1 | — | — | 2 | 15 | — | - |
| Lordosis | × | × | × | × | ○ | × | ○ |
| Match up to nose | × | × | × | × | × | ○ | ○ |
| Mating | × | × | × | × | × | × | ○ |
| Intimidation | F:×M:○ | F:×M:○ | × | F:○M:× | ○ | × | × |
| Fight off | ○ | × | × | ○ | × | × | × |
| Detail | * 1 | * 2 | * 3 | * 4 | * 5 | * 6 | * 7 |

Match making (見合い) : Male and female is pastured over a fence. (フェンス越しに雌雄を放飼)

Pasturing (放飼) : Male and female is pastured at the same pasturing space. (同じ放飼場に雌雄を放飼)

*1 : 6月28日に1回目のペアリングを行った。カケルがスマレを追尾する行動が見られたが、スマレが何度もカケルを追いかけ回してしまい、交尾に至らなかった。

*2 : 7月27日に2回目のフェンス越しにペアリングを行ったが、カケルからスマレに対し、威嚇し攻撃する行動が見られたため、ペアリングを中止した。

*3 : 6月21日に1回目のペアリングを行った。フェンス越しにカケルを放飼したが、ボタンから近寄ることなく、放飼している間一定の場所に座ったまま動かなかった。

*4 : 8月26日に2回目のペアリングを行った。まず、フェンス越しに対面させ

た。ボタンからカケルに近寄り、カケルの前でローリングする行動が見られたため、同放飼場に一緒に放飼した。しかし、ボタンはカケルが近づくと甲高い鳴き声で威嚇し追い払ってしまった。(図 3-7)

*5: 11月2日にカンガがキキョウの臭いに反応して激しく鳴くようになったため、1回目のペアリングを行った。カンガがキキョウを追尾する行動が見られ、威嚇する行動が見られたが追い払う行動やどちらか一方が逃げ出すようなことはなかった。(図 3-8)

*6: 2回目のペアリングをフェンス越しに行った。キキョウからカンガに近寄り、鼻をくっつける行動が見られた。その後、1月に再度ペアリングを行い、交尾し、出産に至った。

*7: 10月6日に行ったペアリングでは、前日である4, 5日にもペアリングを行い交尾に至っていた。まず、スマレとカイをフェンス越しに対面させた。スマレからカイに近寄り、前湾姿勢をとったため、カイを放飼し、放飼後すぐに交尾に至った。



図 3-7. 8 月 26 日のボタン×カケルのペアリング時の写真

2 枚共に手前がボタン，後方がカケルである。(左)ボタンに威嚇され，ある一定の距離から近づることができない。(右)ボタンがカケルの前を通過するが何度か追い払われてしまったため，動こうとしない。

Fig. 3-7. The photograph at the time of pairing of BOTON × KAKERU on August 26.

This side is BOTAN and both two back is KAKERU. (Left) It is threatened by BOTAN and cannot approach from a certain fixed distance. (Right) Since BOTAN has been driven off several times although it passes through KAKERU front, it does not try to move.



図 3-8. 11 月 2 日のキキョウ×カンガのペアリング時の写真

2 枚共に右がキキョウ，左がカンガである。(左)カンガがキキョウの隣にいても追いつかず，整然としている。(右)威嚇しあうキキョウとカンガ。

Fig. 3-8. The photograph at the time of pairing of the KIKYO × KANGA on November

2. The right is KIKYO and the left is KANGA. (Left) Even if kanga is next to KIKYO, it does not drive off, but it is made orderly. (Right) KIKYO and KANGA to threaten.

(5) 出産前後の行動変化

出産に伴う行動の変化を知るために、2008年のキキョウ初産のビデオ記録の解析を行った。3月5日の出産日の前後4日間の行動記録を行った。産室内には、出産のために藁を敷き、出産日までは2～3時間予備放飼場への放飼を行った。出産の30時間前に「いきむ」ような仕草が稀に見られるようになった(表3-9)。3月4日には、前日より「グルーミング」「陰部をなめる」行動が急激に増加し、落ち着きがなく歩いたり、横になったりを繰り返していた(図3-9)。2時間前には敷き詰めてあった藁を1ヶ所に集める行動が見られ、集めた藁の上で出産した(表3-9)。1頭目の出産後、初めての仔に警戒する行動が見られたが、すぐに落ち着いて子どもの体をなめ始めた。4頭の仔を全て出産後、すぐに授乳する行動が確認された。出産後は、横になっている時間が増え、子どもはいつもキキョウのお腹付近に集まっており、仔へのグルーミング行動が増加した(図3-9)。

表3-9. 出産までの時間経過

Table 3-9. Process until delivery

| Date | Hour | Event |
|------|-------|------------------------------|
| 3/3 | 18:56 | Begin to observe "bear down" |
| 3/4 | 22:19 | Begin to concentrate straw |
| 3/5 | 0:11 | Delivery first |
| | 1:35 | Delivery second |
| | 2:36 | Delivery third |
| | 4:13 | Delivery forth |
| | 4:18 | Nursing |

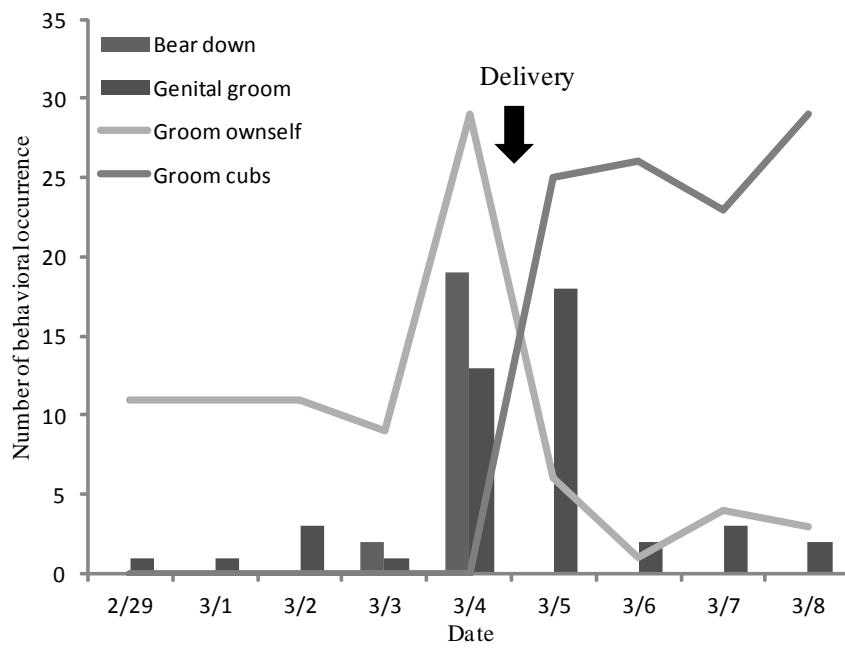


図3-9. 分娩前後の行動数の変化

Fig. 3-9. Change of the number of events before and after the delivery.

(6) 仔の成長に伴う行動の変化

生後2年が性成熟とされるチーターにおいて、成長に伴う行動がどのように変化するかを知るために、未成熟個体の行動の発現年齢を調査した。2歳以下の期間が観察期間に含まれる15頭（雄8頭、雌7頭）から、「ローリング」「陰部をなめる」「フレメン」「臭いをかぐ」「尿をかける」「グルーミング」「体をこすりつける」の7種の行動に着目し、生後何ヵ月で最初に観察されたのかを表3-10に示した。

「グルーミング」のみ、全ての個体で観察当初から観察された。その他の行動においても、雌の「尿をかける」以外は、性成熟とされる2歳までに観察された（表3-10）。「尿をかける」行動は、2歳以下で発現した個体は観察されなかった。2歳以降も観察ができたリリーにおいて、3歳3ヵ月で初めて「尿をかける」行動が観察された（表3-10）。

表3-10. 未成熟個体における行動の発現年齢（ヵ月）

Table3-10. Expression age of behavior in immaturity individuals. (Month-old)

| | Observation age | Roll | Genital groom | Flehemen | Object sniff | Urine spray | Groom | Object rub | |
|--------|-----------------|-------------|---------------|----------|--------------|-------------|-------|------------|----|
| Male | KAI | 17-20・24 | - | - | 24 | 17 | 24 | 17 | 17 |
| | KAKERU | 17-20・24 | - | - | 24 | 17 | 24 | 17 | 27 |
| | KANGA | 10・21-22・24 | - | - | 10 | 10 | 21 | 10 | 19 |
| | NEEM | 9-19・24 | - | - | - | 9 | 11 | 9 | 13 |
| | KURUMI | 2-3・18-23 | - | - | - | 18 | 21 | 2 | 21 |
| | GEEMA | 2-3・18-23 | - | - | - | 18 | 21 | 2 | 19 |
| | SYUREN | 2-14 | - | - | - | 5 | - | 2 | - |
| | IBUKI | 2-14 | - | - | - | 5 | - | 2 | - |
| Female | KIKI | 17-20 | 17 | - | - | 17 | - | 17 | 20 |
| | KIRARA | 17-20 | 17 | - | - | 17 | - | 17 | 17 |
| | COLINA | 10・21-22・24 | 21 | 21 | 10 | 10 | - | 10 | 21 |
| | SONIA | 9-19 | 12 | - | 12 | 9 | - | 9 | - |
| | LILY | 9-19・24 | 13 | 14 | 13 | 9 | - | 9 | 10 |
| | LILA | 2-3・18-24 | 19 | 19 | - | 18 | - | 2 | - |
| | NADESHIKO | 21-24 | 21 | - | - | - | - | 21 | - |

太字は、観察当初から観察された行動。

Bold type is the event observed from the first observation.

(7) 未成熟個体の鳴き声

未成熟個体 12 頭 (雄 5 頭・雌 7 頭) から、2200 要素抽出された。これらの 2200 要素は、図 3-10 に示した 7 種に分類することができた。これらの鳴き声は、全て母親や兄弟を呼ぶ時に聞かれた。未成熟個体の鳴き声の変化は、成長するにつれて、(R) から (X) に向かって変化した。(R) ~ (X) の時間・最低周波数・最高周波数・最大周波数・最大パワー・帯域幅の値は表 3-12 に示した。

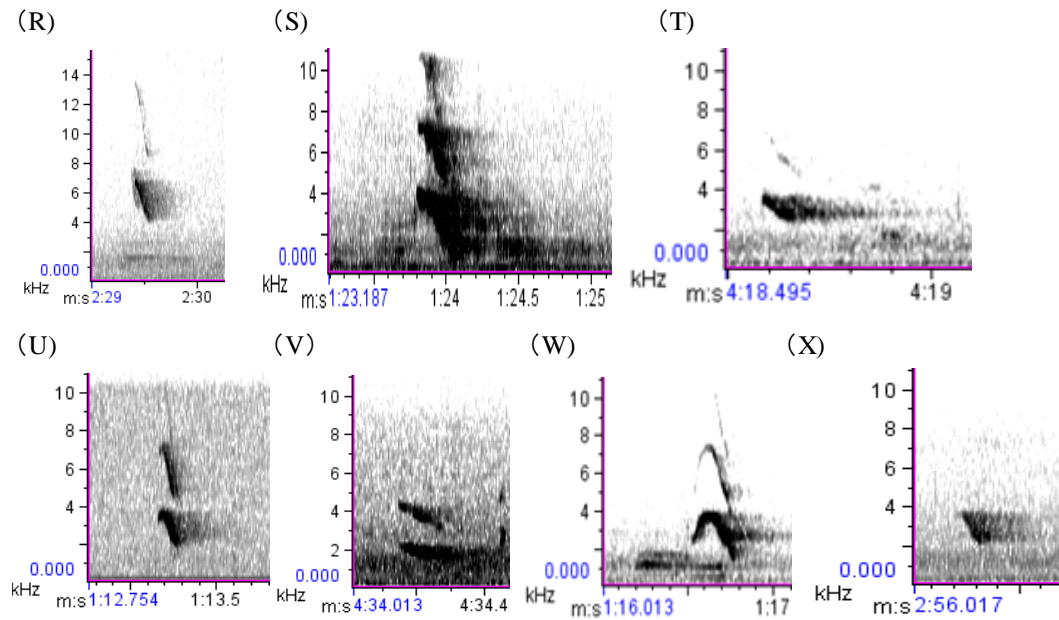


図3-10. 未成熟個体で聞かれた鳴き声

Fig. 3-10. Voice in immature individuals.

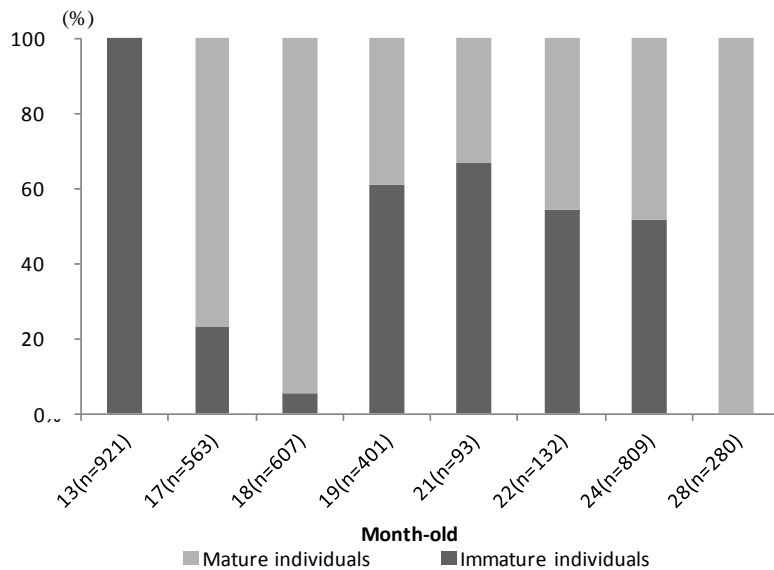


図3-11. 成長に伴う鳴き声の変化

Fig. 3-11. Change of the voice during growth.

未成熟個体から成熟個体への鳴き声の変化は、生後 17 ヶ月から表れ始め、生後 28 ヶ月には完全に成熟個体と同様の鳴き声に変化した（図 3-11）。生後 17, 18 ヶ月に成熟個体の鳴き声が急増した。これは雌個体の臭いに反応し、図 3-5 (D) の鳴き声で鳴き始めたためであった（図 3-11）。そのため、成熟個体の鳴き声の割合が生後 19 ヶ月で減少している（図 3-11）。その後も成熟個体の鳴き声は少しずつ増加した（図 3-11）。

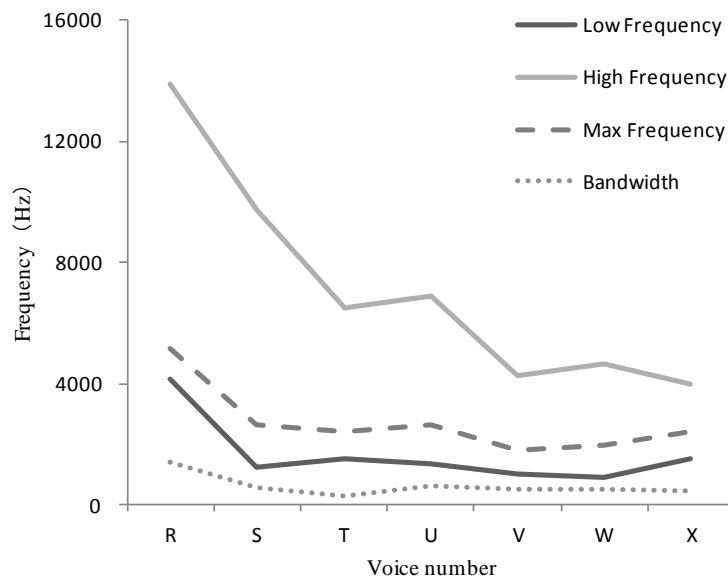


図3-12. 未成熟個体の鳴き声の変化

Fig. 3-12. Change of voice in immature individuals.

鳴き声の周波数の変化を図 4-7 に示した。生後 1~3 ヶ月の個体で聞かれた音声の周波数が、4 項目全てで最も高い値を示していた（表 3-11, 図 3-12）。最低周波数, 最大周波数, 帯域幅は, (R) から (S) へ低下以降, 顕著な変化はなかった（表 3-11, 図 3-12）。最高周波数でのみ (R) から (X) に向かって, 低下していく傾向がみられた（表 3-11, 図 3-12）。

表3-11. 未成熟個体の鳴き声の時間・最低周波数・最高周波数・最大周波数・最大パワースピーク・帯域幅

Table 3-11. Times • Low Frequency • High Frequency • Max Frequency • Max Power • Bandwidth for voice of immature individuals.

| Voice number | n | Month-old | Voice classification | Times(s) | Low Frequency (Hz) | High Frequency (Hz) | Max Frequency (Hz) | Max Power (db) | Bandwidth (Hz) |
|--------------|------|-----------|----------------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|-----------------|
| R | 25 | 1~3 | Chrip 1 | 0.30 ± 0.02 | 4152.30 ± 29.01 | 13888.60 ± 2.78 | 5168.00 ± 46.60 | 83.00 ± 0.29 | 1378.10 ± 16.32 |
| S | 56 | 7~ | Chrip 2 | 0.35 ± 0.03 | 1213.80 ± 55.51 | 9755.50 ± 162.56 | 2633.10 ± 53.28 | 97.10 ± 0.80 | 554.70 ± 150.70 |
| T | 34 | 14 | Chrip 3 | 0.30 ± 0.01 | 1522.60 ± 85.08 | 6509.70 ± 311.40 | 2421.80 ± 72.68 | 91.60 ± 1.23 | 304.00 ± 27.67 |
| U | 1499 | 17~ | Chrip 4 | 0.37 ± 0.002 | 1346.90 ± 14.49 | 6902.10 ± 48.82 | 2618.20 ± 12.06 | 93.90 ± 0.17 | 597.50 ± 11.23 |
| V | 53 | 17~ | Chrip 5 | 0.32 ± 0.01 | 1021.10 ± 64.79 | 4269.10 ± 181.37 | 1764.90 ± 59.97 | 90.20 ± 1.00 | 480.90 ± 108.80 |
| W | 92 | 17~ | Chrip 6 | 0.33 ± 0.01 | 905.10 ± 40.78 | 4643.00 ± 198.44 | 1971.60 ± 73.48 | 92.50 ± 0.68 | 488.70 ± 45.76 |
| X | 441 | 22~24 | Chrip 7 | 0.35 ± 0.01 | 1509.60 ± 19.87 | 3945.10 ± 56.43 | 2433.60 ± 24.96 | 93.90 ± 0.29 | 451.80 ± 15.67 |

(8) 環境変化に伴う行動の変化

発情指標行動の選出を目的に、糞中エストラジオール-17 β 含量と行動数および鳴き声 (K) ~ (O) の回数 (「ニャーと鳴く」とする) の相関関係を spearman の順位相関係数で解析を行った。解析は、成熟雌個体ボタン・スマレ・サバンナの3頭で行った。スマレにおいては、観察期間中の子育て期間である2009年8月~11月を除いて解析を行った (表3-12)。その結果、ボタンのみで「フレーメン」「尿をかける」「グルーミング」で有意な正の相関がみられた ($p < 0.05$) (表3-12)。

表3-12. 個体別行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量の相関係数

Table 3-12. Spearman rank-order correlations between estradiol-17 β concentrations and behavioral occurrences for female cheetahs.

| | Roll | Genital groom | Flehmen | Object sniff | Urine spray | Groom | Object rub | Nail filing | Meowing |
|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| SAVANNA (n=25) | r=-0.02 p=0.93 | r=-0.50 p=0.054 | - | r=0.15 p=0.57 | r=0.33 p=0.21 | r=-0.32 p=0.23 | r=0.18 p=0.50 | r=0.32 p=0.24 | - |
| BOTAN (n=59) | r=-0.14 p=0.35 | r=-0.08 p=0.58 | r=0.37 p=0.014** | r=0.27 p=0.07 | r=0.46 p=0.002** | r=0.33 p=0.02* | r=0.021 p=0.89 | r=-0.01 p=0.94 | r=0.26 p=0.13 |
| SUMIRE (n=15) | r=-0.01 p=0.95 | r=0.14 p=0.49 | r=-0.33 p=0.09 | r=-0.09 p=0.65 | r=0.004 p=0.98 | r=0.26 p=0.19 | r=0.07 p=0.71 | r=0.11 p=0.56 | r=0.11 p=0.59 |

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

有意な正の相関がみられたボタンにおいて、行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量の推移を図3-13に示した。2009年8~9月の雌との交代放飼を10月以降雄との交代放飼に変更した結果、2ヵ月以上見られなかった糞中エストラジオール-17 β 含量の値の上昇、すなわち発情が観察され、「フレーメン」「臭いをかぐ」「尿をかける」の3項目で行動数が増加した (図3-13)。

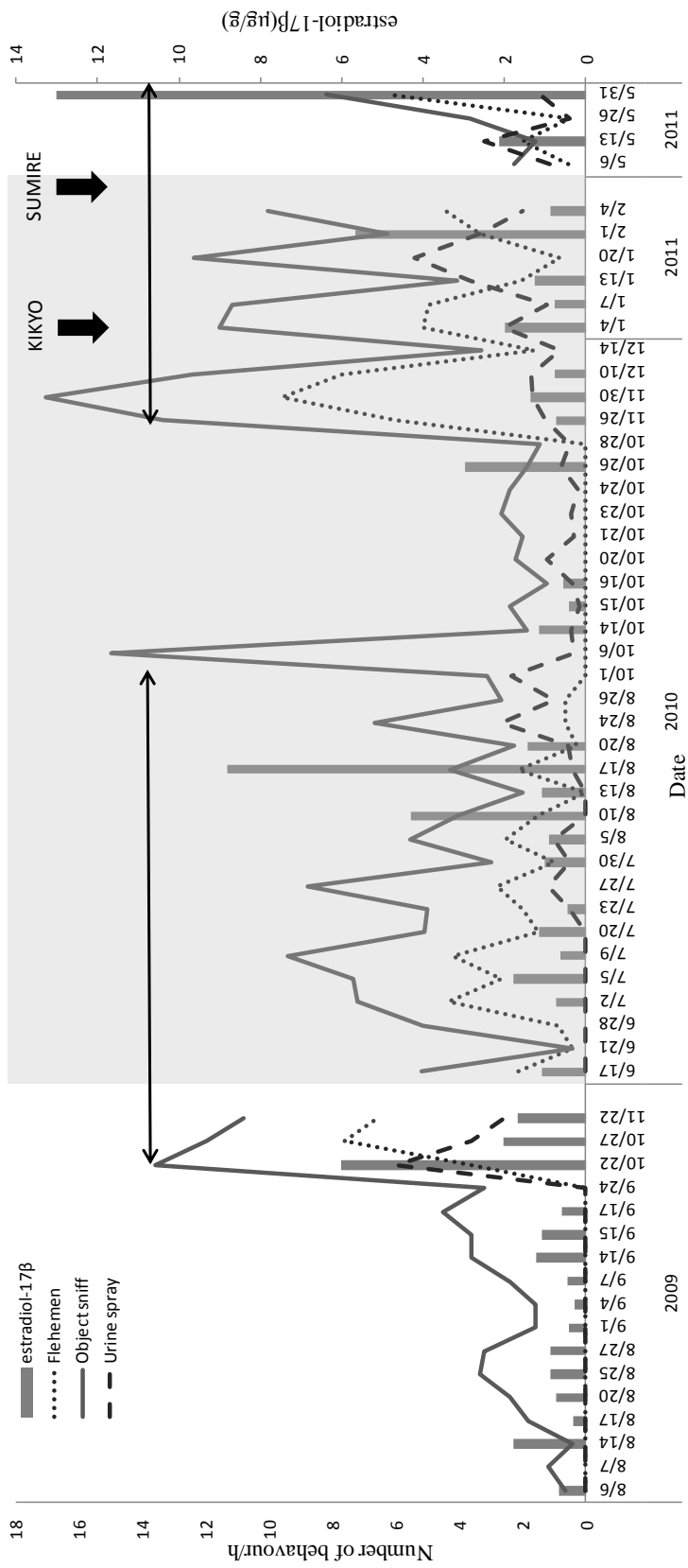


図3-13. ボタンの行動数と糞中エストロジオール-17β含量推移
 網掛けは、キキョウ及びビスマレの発情回帰から交尾に至るまでの期間を示す。↓は、キキョウ・スミレの交尾日を示す。↔は雄と交代
 で放飼された期間を示す。

Fig. 3-13. Number of behaviours and estradiol-17β content transition of BOTAN.
 Shaded part is period of pregnancy or nursing cubs by KIKYO and SUMIRE. ↓ is mating day of KIKYO and SUMIRE. ↔ is The period by which shift
 pastorage was carried out with the male.

表3-13. ボタンの期間別行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量の相関係数

Table 3-13. Spearman rank-order correlations between estradiol-17 β concentrations and behavioral occurrences for according to period of BOTAN.

| Observation period division | Roll | Genital groom | Flehmen | Object sniff | Urine spray | Groom | Object rub | Nail filing | Meowing |
|--------------------------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Aug.2009~Nov.2009 May.2011 (n=21) | r=0.11 p=0.65 | r=-0.18 p=0.48 | r=0.73 p=0.0008† | r=0.49 p=0.04* | r=0.74 p=0.0005† | r=0.42 p=0.08 | r=-0.02 p=0.91 | r=-0.12 p=0.62 | r=0.55 p=0.02* |
| Jun.2010~Aug.2010 Oct.2010~Feb.2011 (n=38) | r=-0.52 p=0.009 | r=0.13 p=0.53 | r=-0.05 p=0.80 | r=-0.1 p=0.61 | r=0.14 p=0.50 | r=0.24 p=0.24 | r=0.15 p=0.48 | r=0.12 p=0.54 | r=0.27 p=0.29 |

*:p<0.05 †:p<0.001

また、ボタンの観察期間を、キキョウ・スマレの繁殖状況を指標にして、キキョウとスマレの妊娠・育子期間（2009年8月～11月及び2011年5月）と、キキョウとスマレの発情回帰から交尾までの期間（2010年6月～8月及び2010年10月～2011年2月）とに区別し、ボタンの行動と糞中エストラジオール-17 β 含量の相関関係を分析した（表 3-13, 図 3-13）。その結果、キキョウとスマレの妊娠・育子期間では、ボタンにおける「フレーメン」「臭いをかぐ」「尿をかける」の3種の行動および「ニャーと鳴く」と糞中エストラジオール-17 β 含量において有意な正の相関（ $p < 0.05$ ）がみられ、この4種中「フレーメン」「尿をかける」の2種の行動では、全観察日よりも高い相関係数を示した（表 3-12, 3-13）。一方、キキョウとスマレの発情回帰から交尾に至るまでの期間では、ボタンにおけるどの行動とも糞中エストラジオール-17 β 含量との有意な正の相関は見られなかった（ $p > 0.05$ ）（表 3-13）。また、期間分けすることによって有意な正の相関が見られなくなった「グルーミング」では、キキョウとスマレの発情回帰から交尾に至るまでの期間と比べ、キキョウとスマレの妊娠・育子期間で高い正の相関を示していた（表 3-12, 3-13）。

(9) 雌の糞中エストラジオール-17 β 含量と雄の行動数の相関

雌の発情に反応し、雄の行動数に変化があるのかを知るために雌の糞中エストラジオール-17 β 含量と雄の行動数変化の相関関係を spearman の順位相関係数で解析を行った。解析は、成熟雄個体マンサク・エンジュ・カエデ・カンガ・カイ・カケルの 6 頭で行った。全観察日の 1 時間当たりの「臭いをかぐ」「フレーメン」「尿をかける」の 3 種類の行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量の推移の相関を表 3-14 に示す。2009 年に観察を行ったマンサク・エンジュ・カエデの 3 頭において、ボタンの糞中エストラジオール-17 β 含量と有意な正の相関 ($p < 0.05$) が見られた。この 3 頭を観察した期間は、スマレ・キキョウ共に子育て又は妊娠期間中であったため、糞の採取が十分に行えなかった。このことから、この 2 頭との相関を調査することはできなかった(表 3-14)。2010 年に観察を行ったカンガ・カイ・カケルの 3 頭においては、どの雌個体の糞中エストラジオール-17 β 含量とも有意な正の相関 ($p < 0.05$) が見られなかった(表 3-14)。しかし、カイ・カケルのみ母親であるキキョウの糞中エストラジオール-17 β 含量と有意な負の相関 ($p < 0.05$) が見られた(表 3-14)。

A) MANSAKU (period : Aug.2009~Nov.2009)

| | Estradiol-17 β | | | |
|-----------------|----------------------|-------------------|--------|-------|
| | BOTAN (n=21) | SAVANNA (n=12) | SUMIRE | KIKYO |
| Object sniff | r=0.64 p=0.0015** | r=0.01 p=0.96 | - | - |
| Flehmen | - | - | - | - |
| Urine spray | r=0.65 p=0.0014** | r=-0.09 p=0.77 | - | - |

B) ENJU (period : Aug.2009~Nov.2009)

| | Estradiol-17 β | | | |
|-----------------|----------------------|-------------------|--------|-------|
| | BOTAN (n=21) | SAVANNA (n=12) | SUMIRE | KIKYO |
| Object sniff | r=0.83 p=0.000† | r=0.37 p=0.23 | - | - |
| Flehmen | - | - | - | - |
| Urine spray | r=0.54 p=0.009** | r=0.16 p=0.60 | - | - |

C) KAEDE (period : Oct.2009~Nov.2009)

| | Estradiol-17 β | | | |
|-----------------|----------------------|---------|--------|-------|
| | BOTAN (n=7) | SAVANNA | SUMIRE | KIKYO |
| Object sniff | r=0.78 p=0.036* | - | - | - |
| Flehmen | r=0.80 p=0.028* | - | - | - |
| Urine spray | r=0.23 p=0.61 | - | - | - |

D) KANGA (period : Oct.2010~Dec.2010)

| | Estradiol-17 β | | | |
|-----------------|----------------------|---------|-------------------|------------------|
| | BOTAN (n=13) | SAVANNA | SUMIRE (n=11) | KIKYO (n=5) |
| Object sniff | r=-0.005 p=0.98 | - | r=0.2 p=0.55 | r=-0.2 p=0.74 |
| Flehmen | r=-0.24 p=0.42 | - | r=-0.23 p=0.49 | - |
| Urine spray | r=0.34 p=0.24 | - | r=0.5 p=0.11 | - |

E) KAKERU (period : Jun.2010~ Aug.2010,
Oct.2010~Feb.2011 May.2011)

| | Estradiol-17 β | | | |
|-----------------|----------------------|---------|-------------------|----------------------|
| | BOTAN (n=33) | SAVANNA | SUMIRE (n=29) | KIKYO (n=22) |
| Object sniff | r=-0.32 p=0.06 | - | r=-0.11 p=0.56 | r=-0.57 p=0.004** |
| Flehmen | r=-0.26 p=0.13 | - | r=-0.08 p=0.65 | r=-0.35 p=0.10* |
| Urine spray | r=-0.22 p=0.19 | - | r=-0.21 p=0.25 | r=0.20 p=0.35 |

F) KAI(period : Jun.2010~ Aug.2010,
Oct.2010~Feb.2011 May.2011)

| | Estradiol-17 β | | | |
|-----------------|----------------------|---------|-------------------|---------------------|
| | BOTAN (n=33) | SAVANNA | SUMIRE (n=29) | KIKYO (n=22) |
| Object sniff | r=-0.16 p=0.36 | - | r=-0.2 p=0.28 | r=-0.6 p=0.003** |
| Flehmen | r=-0.16 p=0.34 | - | r=0.08 p=0.65 | r=-0.47 p=0.026* |
| Urine spray | r=0.18 p=0.30 | - | r=-0.26 p=0.15 | r=-0.01 p=0.96 |

*:p<0.05 **:p<0.01 †:p<0.001 Shaded part is negative relation.
網掛けは負の関連を示す。

(10) 雌雄の行動の相関

成熟雌雄の行動の増減に相関があるのか調査するために、雄の「臭いをかぐ」「尿をかける」の2項目と雌の「ローリング」「フレメン」「臭いをかぐ」「尿をかける」「体をこすりつける」の5項目の1時間当たりの行動数の相関関係を、spearman の順位相関係数で解析を行った。

1) マンサク・エンジュ

マンサクでは、ボタン・サバンナ共に相関がみられた行動はなかった(表 3-15)。エンジュにおいては、ボタンで「フレメン」「尿をかける」の2項目で有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた(表 3-15)。サバンナでは、「尿をかける」とエンジュの「臭いをかぐ」のみで有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた(表 3-15)。

表3-15. マンサク・エンジュとボタン・サバンナとの行動数相関

Table 3-15. Spearman rank-order correlations between MANSAKU・ENJYU and BOTAN・SAVANNA behavioral occurrences.

| | | MANSAKU | | ENJYU | |
|-------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | | Object sniff | Urine spray | Object sniff | Urine spray |
| BOTAN (n=17) | Roll | r=-0.02 p=0.91 | r=0.065 p=0.80 | r=0.36 p=0.15 | r=0.012 p=0.96 |
| | Flehmen | r=0.42 p=0.08 | r=0.43 p=0.08 | r=0.60 p=0.0098** | r=0.59 p=0.012* |
| | Object sniff | r=0.45 p=0.06 | r=0.47 p=0.05 | r=0.40 p=0.10 | r=0.12 p=0.62 |
| | Urine spray | r=0.38 p=0.13 | r=0.37 p=0.13 | r=0.58 p=0.01* | r=0.56 p=0.01* |
| | Object rub | r=-0.19 p=0.45 | r=-0.70 p=0.49 | r=0.17 p=0.49 | r=-0.07 p=0.78 |
| SAVANNA (n=14) | Roll | r=0.35 p=0.21 | r=0.02 p=0.94 | r=-0.15 p=0.59 | r=0.15 p=0.59 |
| | Object sniff | r=0.48 p=0.07 | r=0.47 p=0.08 | r=0.46 p=0.09 | r=-0.2 p=0.025 |
| | Urine spray | r=0.45 p=0.09 | r=0.39 p=0.16 | r=0.67 p=0.008** | r=0.03 p=0.91 |
| | Object rub | r=-0.03 p=0.90 | r=-0.49 p=0.07 | r=-0.45 p=0.10 | r=0.06 p=0.83 |

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$ Shaded part is negative relation.

網掛けは負の関連を示す。

2) ニーム

同腹の兄弟であるリリーの「尿をかける」とニームの「臭いをかぐ」でのみ有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた (表 3-16)。その他に有意な相関 ($p < 0.05$) がみられたボタンの「臭いをかぐ」、キキョウの「ローリング」「臭いをかぐ」の3項目では負の相関を示した (表 3-16)。

表3-16. ニームとリリー・ボタン・キキョウとの行動数相関
Table 3-16. Spearman rank-order correlations between NEEM and LILY
BOTAN・KIKYO behavioral occurrences.

| | | Object sniff | Urine spray |
|-----------------|--------------|----------------------|----------------------|
| LILY (n=11) | Roll | r=-0.10 p=0.75 | r=0.06 p=0.85 |
| | Object sniff | r=-0.07 p=0.83 | r=-0.07 p=0.82 |
| | Urine spray | r=0.66 p=0.026* | r=-0.05 p=0.87 |
| BOTAN (n=12) | Roll | r=0.44 p=0.15 | r=0.02 p=0.94 |
| | Object sniff | r=-0.6 p=0.03* | r=-0.70 p=0.58 |
| | Urine spray | r=-0.50 p=0.09 | r=-0.13 p=0.67 |
| KIKYO (n=11) | Roll | r=-0.65 p=0.02* | r=-0.75 p=0.82 |
| | Object sniff | r=-0.81 p=0.002** | r=-0.75 p=0.007** |
| | Urine spray | r=-0.57 p=0.061 | r=-0.59 p=0.05 |
| | Object rub | r=-0.33 p=0.31 | r=-0.27 p=0.41 |

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$ Shaded part is negative relation.
網掛けは負の関連を示す。

3) カンガ

リリーの「臭いをかぐ」・ボタンの「臭いをかぐ」「尿をかける」・ナデシコの「ローリング」において、有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた (表 3-17)。キキョウ・リラにおいては、どの行動ともに有意な相関はみられなかった (表 3-17)。

表3-17. カンガとリリー・ボタン・キキョウ・リラ・ナデシコとの行動数相関

Table 3-17. Spearman rank-order correlations between NEEM and LILY BOTAN・KIKYO・LILA・NADESHIKO behavioral occurrences.

| | | Object sniff | Urine spray |
|---------------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| LILY (n=109) | Roll | r=-0.05 p=0.60 | r=-0.17 p=0.07 |
| | Object sniff | r=-0.24 p=0.01* | r=-0.28 p=0.0025** |
| | Urine spray | r=0.006 p=0.94 | r=0.08 p=0.39 |
| | Object rub | r=-0.09 p=0.34 | r=0.08 p=0.39 |
| BOTAN (n=53) | Roll | r=-0.15 p=0.26 | r=0.07 p=0.60 |
| | Object sniff | r=-0.57 p<0.001† | r=0.34 p=0.01* |
| | Urine spray | r=0.43 p=0.0012** | r=0.36 p=0.007** |
| | Object rub | r=-0.06 p=0.65 | r=-0.006 p=0.09 |
| KIKYO (n=12) | Roll | r=-0.38 p=0.21 | r=0.50 p=0.09 |
| | Object sniff | r=0.05 p=0.85 | r=-0.25 p=0.42 |
| | Urine spray | r=-0.09 p=0.77 | r=-0.10 p=0.74 |
| LILA (n=11) | Roll | r=-0.07 p=0.55 | r=0.21 p=0.09 |
| | Object sniff | r=0.04 p=0.71 | r=0.09 p=0.45 |
| | Object rub | r=0.19 p=0.12 | r=-0.11 p=0.35 |
| NADESHIKO (n=11) | Roll | r=-0.05 p=0.77 | r=0.40 p=0.02* |
| | Object sniff | r=0.11 p=0.54 | r=0.08 p=0.67 |

*:p<0.05 **:p<0.01 †:p<0.001

4) カケル・カイ

ボタンの「臭いをかぐ」「尿をかける」においてはカイ・カケル共に、リリーの「体をこすりつける」とカイの「臭いをかぐ」および、ナデシコの「臭いをかぐ」とカイの「尿をかける」において有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた (表 3-18)。スマレの「体をこすりつける」は、カイの「尿をかける」では有意な負の相関 ($p < 0.05$) がみられたが、カケルの「臭いをかぐ」では有意な正の相関 ($p < 0.05$) がみられた (表 3-18)。リラの「臭いをかぐ」とカイ・カケルの「尿をかける」では、有意な負の相関 ($p < 0.05$) がみられた (表 3-18)。

表3-18. カイ・カケルとキキョウ・スマレ・ボタン・リリー・リラ
・ナデシコとの行動数相関

Table3-18. Spearman rank-order correlations between KAI・KAKERU and KIKYO・
SUMIRE・BOTAN・LILY・LILA・NADESHIKO behavioral occurrences.

| | | KAI | | KAKERU | |
|---------------------|--------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | Object sniff | Urine spray | Object sniff | Urine spray |
| KIKYO (n=8) | Roll | r=-0.25 p=0.54 | r=-0.50 p=0.20 | r=-0.12 p=0.76 | r=-0.57 p=0.13 |
| | Object sniff | r=-0.38 p=0.35 | r=-0.20 p=0.62 | r=-0.20 p=0.62 | r=0.14 p=0.72 |
| SUMIRE (n=22) | Roll | r=0.28 p=0.20 | r=-0.15 p=0.21 | r=0.24 p=0.17 | r=0.08 p=0.09 |
| | Object sniff | r=0.27 p=0.49 | r=0.18 p=0.40 | r=0.10 p=0.63 | r=-0.14 p=0.53 |
| | Urine spray | r=0.29 p=0.17 | r=-0.21 p=0.34 | r=0.20 p=0.34 | r=-0.03 p=0.86 |
| | Object rub | r=0.36 p=0.09 | r=-0.43 p=0.04* | r=0.44 p=0.03* | r=-0.08 p=0.70 |
| BOTAN (n=65) | Roll | r=0.06 p=0.62 | r=-0.001 p=0.98 | r=-0.004 p=0.96 | r=0.14 p=0.23 |
| | Object sniff | r=0.59 p<0.001† | r=0.48 p<0.001† | r=0.59 p<0.001† | r=0.55 p<0.001† |
| | Urine spray | r=0.43 p<0.001† | r=0.60 p<0.001† | r=0.40 p<0.001† | r=0.50 p<0.001† |
| | Object rub | r=-0.08 p=0.48 | r=0.15 p=0.21 | r=0.04 p=0.73 | r=0.11 p=0.36 |
| LILY (n=45) | Roll | r=0.11 p=0.44 | r=0.16 p=0.28 | r=-0.02 p=0.86 | r=0.20 p=0.16 |
| | Object sniff | r=0.22 p=0.13 | r=-0.04 p=0.79 | r=0.12 p=0.42 | r=-0.13 p=0.37 |
| | Object rub | r=0.34 p=0.02* | r=0.07 p=0.62 | r=0.28 p=0.05 | r=0.14 p=0.33 |
| LILA (n=23) | Object sniff | r=-0.32 p=0.12 | r=-0.54 p=0.007** | r=-0.24 p=0.25 | r=-0.60 p=0.002** |
| | Object rub | r=0.09 p=0.66 | r=-0.19 p=0.36 | r=0.19 p=0.36 | r=-0.02 p=0.90 |
| NADESHIKO (n=25) | Roll | r=-0.37 p=0.06 | r=0.22 p=0.28 | r=-0.24 p=0.24 | r=0.33 p=0.10 |
| | Object sniff | r=0.30 p=0.14 | r=0.43 p=0.03* | r=-0.19 p=0.35 | r=0.25 p=0.22 |

*:p<0.05 **:p<0.01 †:p<0.001 Shaded part is negative relation.
網掛けは負の関連を示す。

(11) 雄の鳴き声の変化

繁殖に関係があると考えられる雄の鳴き声 (D)・(E) は、雌の発情に反応して鳴く場合と一腹の兄弟に反応して鳴く場合の 2 種類が確認された。雌の発情に反応して鳴く場合、数日間連続で長時間鳴き続けることが確認され、臭いをかぐ行動も増加していた (表 3-19)。一方、兄弟に反応して鳴く場合、雌の発情の場合と同様に激しく鳴くものの、兄弟を視覚的に認識できた間のみ鳴いていた。臭いをかぐ行動も増加せず、むしろ減少傾向にあった (表 3-19)。

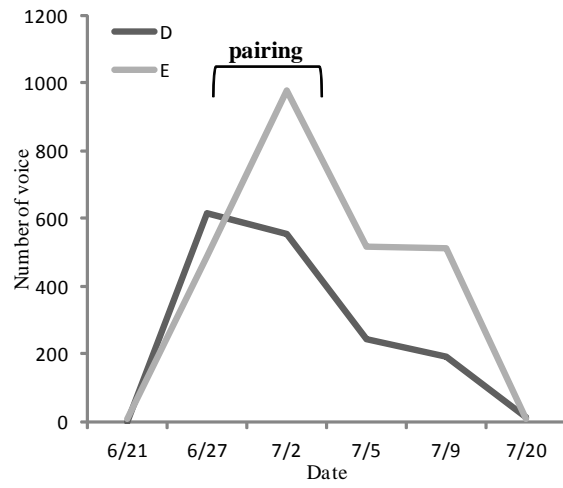
表3-19. 鳴き声 (D) (E) の有無による1時間当たりの「臭いをかぐ」行動数平均

Table 3-19. The number average of "Object sniff" per hour by presence or absence voice (D)(E).

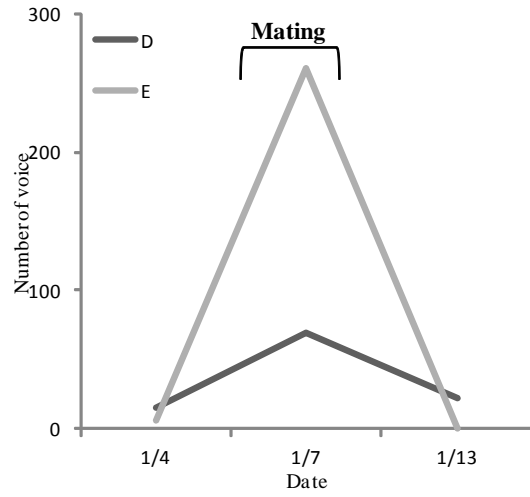
| | | Barking | Not barking | Barking at brothers |
|---------------------------|--------|---------------|----------------|---------------------|
| Number of Object sniff /h | KAI | 8.02 (n=6) | 3.24 (n=38) | - |
| | KAKERU | 6.11 (n=6) | 3.66 (n=38) | - |
| | KANGA | 4.63 (n=3) | 2.62 (n=9) | 1.95 (n=8) |

雌の発情に反応して鳴いていた期間の (D)・(E) の回数の増減を調査した。カイ・カケルが鳴いていた 2010 年 6 月 28 日～7 月 9 日、2012 年 10 月 2 日～10 月 9 日と、カンガが鳴いていた 2011 年 1 月 4 日～1 月 13 日の計 3 回においての変化を図 3-14 に示した。その結果、雌の発情が強まるにつれて (D) (E) 共に回数が増加し、(E) の回数の増加は約 2 倍以上であった (図 3-14)。

a) 28.Jun.2010~9.July.2010



b) 4.Jan.2011~13.Jan.2011



c) 2.Oct.2012~9.Oct.2012

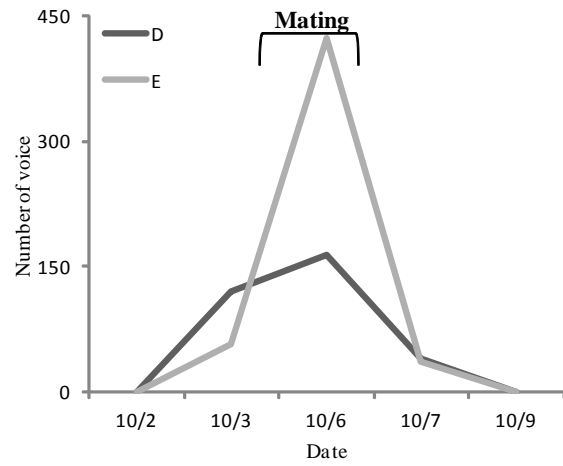


図3-14. ペアリング前後の雄の鳴き声 (D) (E) の回数変化
 Fig. 3-14. Change of number of voice (D)(E) before and after pairing.

第4節 考察

(1) 発情周期の検討

現在までに、雌チーターの発情周期に関する論文は様々な手法で多く報告されている。性行動の調査によると、約2週間(Eaton and Craiga. 1973)、血液中の性ホルモン動態の調査によると10~12週間(Doi et al. 1995)、糞便中の性ホルモン動態の調査によると3~4週間(Czekala et al. 1994)、臄垢像の調査によると10~12日間(Asa et al. 1992)等、結果が大きく異なっていた。また、長期の無発情期が続くことがあるとも報告されている(Brown et al. 1996)。一方で、雌チーターを2頭で同居させたところ下位の雌の発情が抑制されたこと(Wielebnowski et al. 2002)や飼育舎の環境や同一施設での複数頭飼育がエストロゲン値や交尾の成功に影響している可能性がある(Kinoshita et al. 2011)とも報告されている。

本研究では、Brown et al. (1996)に準じ、糞中エストラジオール-17 β 含量が平均値 $\pm 1.5SD$ 以上を示した日を発情日とし、周期性を解析すると共に、発情行動や放飼方法・個体状況等との関係も含め解析を行った。その結果、糞中エストラジオール-17 β 含量における周期性は無発情期が見られたことや、範囲に幅があることから、統一の周期性があるとは認められなかった(図3-3, 表3-6)。雄と2ヵ月以上隔離していた間には発情が一度も確認されず、雄と同じ放飼場に交代で放飼し嗅覚的接触させた後には、短い間隔で発情が確認された個体(ボタン)がいた(図3-3)。このことは、ヤギやヒツジなどで認められている非繁殖期にある雌に季節外繁殖を誘起する効果をもつ雄効果(横須賀ほか 2010)と類似した現象ではないかと考えられる。しかし、この結果はボタンのみで確認され、他のキキョウ、スマレ及びサバンナでは同じ条件下での観察ができなかったことから同様の結果を得ることはできなかった。またボタンでは、雄と同じ放飼場にて交代で放飼し続けた結果、交代で放飼開始の4ヵ月以降には発情間隔が長くなり、無発情期も見られるようになった(図3-3)。Meltzer (1999)は、チーターの繁殖成功

は雌雄の断続的接触により引き起こされるとしており、雌雄を共に飼育していると互いに慣れが生じ、繁殖相手として認識できなくなると報告している。これらのことから、雄との接触による発情の誘発は永続的なものではないと考えられる。

成熟雌4頭の繁殖状況と行動数・糞中エストラジオール-17 β 含量の相関係数の関係を調査した(表3-12)。その結果、ボタンは、スマレ・キキョウが繁殖可能期間に入ると行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量との有意な正の相関が見られなくなり、発情日の間隔が長くなった(図3-3, 表3-13)。このことから、ボタンはキキョウ・スマレが繁殖可能であることで発情が抑制されたと考えられた。サバンナにおいても、観察期間がボタンの繁殖可能である期間中であったため、行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量との有意な正の相関が見られなかった(表3-13)。また、サバンナの糞中エストラジオール-17 β 含量の変動範囲は、スマレ及びボタンの無発情期中に見られた変動範囲と同程度の小さいものであったことを考慮すると、実際には無発情期だった可能性もある(図3-3, 表3-6)。そのため、観察期間中に無発情期が続いた場合にはBrown et al. (1996)の手法のみでは的確な発情が判断できない可能性がある。一方、キキョウにおいては、十分な頻度で採取できなかったために糞中エストラジオール-17 β 含量ではなく、行動(前湾姿勢)で発情回帰を判断した。スマレにおいて、キキョウの育子期間中が含まれるにも拘らず、行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量との有意な正の相関が見られなかったのは、本研究で判断した発情回帰より以前にキキョウでは発情が回帰していたことが影響している可能性がある(表3-12)。これらのことから、雌チーターの発情の判断においては、糞中エストラジオール-17 β 含量や行動観察などの複数の手法を組み合わせることが、飼育下繁殖の成功のためにも必要と考えられる。

これらのことから、飼育下でも雌雄を別々に飼育して、できるだけ雄との接触を減らすことで発情の誘発を高めること、雌を複数頭飼育している場合では優劣

を見極めることや間接的な接触の影響を小さくすること、放飼順や個体関係などを考慮に入れた個体ごとの繁殖計画を立てることが、効率的な飼育下繁殖の成功には重要であると考えられる。

(2) 行動による発情の検知

雌における発情指標は、本研究ではボタンで糞中エストラジオール-17 β 含量と相関が見られた「尿をかける」「フレーメン」「臭いをかぐ」「グルーミング」「ニャーと鳴く」の5種の行動(表3-12, 3-13)としたが、Wielebnowski and Brown(1998)の研究によると、「体をこすりつける」「ローリング」「臭いをかぐ」「尿をかける」「ニャーと鳴く」の頻度が糞中エストラジオール含量と有意に相関していたと報告している。このことから「臭いをかぐ」「尿をかける」「ローリング」「鳴き声」の4種の行動の増加が、雌の発情を見極める指標とすることができると考えられた。しかし、Foster(1977)やSarri(1992)では、雌における発情の指標行動は、1個体ごとに非常に異なっていると報告している。雌個体ごとの行動特徴を把握したうえで、個体ごとの発情指標を選出すべきと考えられる。

また、雌の発情を検知する指標として、雄の雌への反応も重要である。本研究において、雄の「臭いをかぐ」「尿をかける」「フレーメン」の3種の行動数がボタンの糞中エストラジオール-17 β 含量と有意な正の相関($p < 0.05$)が6頭中3頭でみられた(表3-14)。ボタンの「臭いをかぐ」「尿をかける」行動数との相関においても、6頭中4頭で有意な正の相関がみられた($p < 0.05$)。カンガ・カイ・カケルの3頭において、糞中エストラジオール-17 β とは有意な相関がみられなかったが、「臭いをかぐ」「尿をかける」行動数では有意な正の相関($p < 0.05$)がみられた(表3-17, 3-18)。糞中エストラジオール-17 β の相関と、雌雄の行動との相関が一致した個体は、5頭中1頭のみであった(表3-14, 3-15, 3-16, 3-17, 3-18)。このことから、雄の行動量は雌の発情以外にも他個体(他の雄個体、子ども等)

に対する探索行動により変化している可能性が高く、雄の行動量の変化による雌の発情予測は困難であると考えられる。

(3) 鳴き声のレパートリーの検討

Hunter and Hamman (2003) では、チーターで「様々な用途で使用されるキャンキャン (吠える声)」・「母親が見失った子供を見つけるためにキャンキャン吠え」・「青春期の兄弟または雄の連合メンバーはお互いが離ればなれの時キャンキャン吠える」・「子供のピヨピヨという声」・「怖い時に鳴くキャンキャン声」・「イライラしたり怖いと感じた時にうなったり、シャーと威嚇したりフーとうなる」「好ましい社会やり取りの中でゴロゴロのどを鳴らす」などの鳴き声があると述べている。Foster (1977) でも、チーターにおいて「雄が求愛の際に発する自己宣伝の鳴き声」「雌が求愛の際に発する自己宣伝の鳴き声」の2種についても報告している。本研究では、これらの鳴き声に加え、「母親が仔を呼び集めるためにクルクル鳴く」や「仔の鳴き声の変化」を分類することができた (図 3-6, 3-10)。2009年1月にアメリカのサンディエゴ野生動物公園で雄チーターの発する特殊な鳴き声が雌の排卵を誘発することが報道された (Kalpin 2009)。本研究において、雄がこの報道された鳴き声と同様に鳴くところが観察されたが、排卵が誘発されるような兆候は観察されなかった。また、この鳴き声は「母親が仔を呼び集めるとき」や「兄弟に向かって鳴くとき」にも同様に使用されたことから、他個体への呼びかけとして使われていると考えられる。

(4) 雄の鳴き声による発情の検知

雄の鳴き声 (D) (E) は、雌の発情および同腹の兄弟に対して発せられていた (図 3-5)。雌の発情に対して鳴く場合は、雌の姿が見えない状況でも数日間鳴き続けることが確認され、「臭いをかぐ」行動も増加傾向にあった (表 3-19)。行動と併せた鳴き声による発情の検知は有用であると考えられる。また、雌の発情が

強まると共に、鳴き声の回数は増加し、特に (E) の鳴き声は 2 倍以上に増加した (図 3-14)。このことから、(E) の鳴き声の増加と共に、ペアリングを行うことが望ましいと考えられる。

(5) 成長に伴う行動・鳴き声の変化

本研究の結果、雌の「尿をかける」行動以外は、生後 2 年までに発現した (表 3-10)。チーターは、20 ヶ月～24 ヶ月で性的に熟するとされる (今泉 2004)。また、1 年 3 ヶ月を過ぎる頃に母親から離れ、兄弟で群れを作って暮らすようになり、2 年近くになると雌は単独で生活し、雄はしばらく兄弟で生活する。兄弟の構成によっては、2 年以内に大人の仲間入りを果たし、単独で生活しなければならない。このことから、2 歳までに行動・鳴き声共に発現・変化すると考えられる。

また、雌の「尿をかける」行動において、Wielebnowski and Brown (1998) の研究では、観察開始年齢が 2～12 歳の対象個体 14 頭中 3 頭で「尿をかける」行動が観察されなかった。この 3 頭は、いずれも 2～3 歳であり、2 歳の個体では「尿をかける」が観察された個体は他にいなかった。しかし、3 歳の個体では「尿をかける」行動が観察された個体もいた。本研究では、リリーにおいて 3 歳 3 ヶ月で初めて観察されたこと (表 3-10) から、雌の「尿をかける」行動は 3 歳～4 歳以内に発現すると考えられる。

第5節 小括

チーターの性周期は、雄との嗅覚的接触や雌間の関係に伴い変化することから、飼育下では規則的な性周期を持たないと考えられる。雌の発情を見極めるためには、雌間の関係を考慮し、個体ごとの発情指標行動を明らかにすることや、雄の雌への鳴き声の増加による検知が有効である。また、優位な雌個体を見極めることや、新規の雄の導入や繁殖させたい雌雄を2～3ヵ月隔離した後に嗅覚的接触させることで下位の雌においても繁殖の機会を与えることができると考えられる。これらのことからチーターを繁殖させるには、個体の移動や隔離といった飼育環境に変化を持たせることが有効であることが示唆された。

未成熟個体の行動は、雌雄共に2歳に向かって変化し、性成熟とされる2歳には、雌の「尿をかける」行動以外は発現した。このことから、雌より雄の方が性成熟が早いと考えられる。

第4章

総括

2012年現在、国内のチーター飼育集団において、米田ら（2009）の報告や創始個体が十分に得られていること（表 2-7）から、野生集団同様の遺伝的多様性が保たれていると考えられる。しかし、創始個体の貢献度には偏りが見られ（表 2-8, 2-9）、今後の繁殖によっては遺伝的多様性が減少する可能性が大きい。チーターの死因には、幼獣の死産割合の増加や他種では稀な泌尿器系疾患など遺伝的多様性の低下が関係すると考えられる疾患が多く（表 2-4, 図 2-8）、飼育環境による慢性的ストレスの可能性も Munson et al. (2005) の研究から示唆されているが、飼育下個体群の遺伝的多様性の低下は否定できない。現在の個体の血縁を保ち、増殖を行うためには、貢献度の少ない血縁に考慮したペア形成や、海外からの新たな個体の導入、人工授精などによる保存される精液の利用などが必要だと考えられる。

血統登録調査から2012年現在までに繁殖した個体の8割が移動または性成熟から3~4年間に繁殖していること（図 2-10）や、雌の繁殖頭数と繁殖例数は導入総数および雄の導入数、導入個体の由来数と大きく関係していたこと（表 2-5, 図 2-11）から、新規個体の導入はチーターの繁殖に重要であると考えられる。また、血統登録調査および繁殖行動と糞中エストラジオール-17 β 含量の関係から、複数頭の繁殖可能な雌が同じ施設にいる場合、雌間の関係が繁殖に影響を与えていることが明らかになった（表 2-6, 3-12, 3-13, 図 3-13）。複数の性成熟に達した雌を飼育する場合、繁殖に優位な雌の特定又は、雌間の関係を考慮した繁殖計画が必要だと考えられる。

雌の発情周期は、複数の性周期に関する先行研究（Eaton and Craiga 1973; Doi et al. 1995; Czekala et al. 1994; Asa et al. 1992）から統一された結果は得られていなかった。また、長期の無発情期（Brown et al. 1996）や雌チーターの同居による発情の抑制（Wielebnowski et al. 2002）、飼育舎の環境や同一施設での複数頭飼育がエストロゲン値や交尾の成功に影響している可能性があること（Kinoshita et al. 2011）

などが明らかになっており，本研究においても，雄との断続的接触（図 3-13）（Meltzer 1999）や雌間の関係により性周期が変化したこと（表 2-6, 3-12, 3-13, 図 3-13）から，飼育下において規則的な性周期がないと考えられる。そのため，雌の発情の検知には，行動および糞中ホルモン，鳴き声を併用することが重要である。特に，雄の鳴き声（D）（E）は，雌の一部の発情にのみ反応して鳴くことから，雌の優劣又は雌雄の相性などが相関していると考えられる（図 3-5）。また，雌の発情が強まると共に，特に（E）の鳴き声が顕著に増加した（図 3-5, 3-14）。雄の鳴き声の増加による，発情の検知は最も有用である。

これらのことから，導入から 3～4 年間に繁殖しない個体においては，施設間での導入・搬出により，新規の雌雄同士を見合わせる機会を増加させ，血縁に偏りのないペア形成を促進することが重要である。また，飼育下でも雌雄を別々に飼育し，できるだけ雄との接触を減らすことで発情の誘発を高めること，雌を複数頭飼育している場合では優劣を見極めることや間接的な接触の影響を小さくすること，放飼順や個体関係などを考慮に入れた個体ごとの繁殖計画を立てることが，効率的な飼育下繁殖の成功には重要であると考えられる。

要旨

1. 研究の背景

近年、絶滅に瀕する野生動物種が増加し続けており、人の豊かな生活環境に各ことのできない生物多様性を守る上でこれらの絶滅危惧種の飼育下繁殖は重要である。飼育下での繁殖を効率的に推進するためには、繁殖生理と管理方法を明確にする必要がある。本研究では、IUCN に絶滅危惧Ⅱ類に指定されるチーター (*Acinonyx jubatus*) の繁殖管理に注目し研究を行った。

チーターは、交尾の刺激により排卵が起こる交尾排卵動物であり、決まった繁殖期のない周年繁殖動物である。雌は通常野生下で単独生活を営んでおり、飼育下での繁殖には雌の発情期を見極めることが重要になる。しかし、雌チーターの発情周期については性行動や血液中及び糞中のホルモン動態、膣スメア検査などの様々な手法で研究されてきたが、統一した明確な見解は示されていない。また、長期の無発情期が続くことや、雌チーターを2頭で同居させたところ下位の雌の発情が抑制されたこと、飼育舎の環境や同一施設での複数頭飼育がエストロゲン値や交尾の成功に影響している可能性の存在も報告されている。2009年1月には、アメリカのサンディエゴ野生動物公園で雄チーターの発する特殊な鳴き声が雌の排卵を誘発することが報道された。遺伝的には、自由交配する他のネコ科動物より種集団において遺伝的変異が1~10%と低いため、計画的な繁殖が必要である。これらから、動物園で飼育されるチーターの効率的増殖を進めるために、①2012年現在までの国内血統登録、国際血統登録から国内チーターの生存状況と繁殖傾向を分析し、国内個体群の血統の現状を明らかにすること、②東京都多摩動物公園で飼育されているチーターの行動観察、糞中ホルモン測定、鳴き声の解析によって、放飼順や方法、個体の導入及び繁殖状況などの様々な飼育環境の変化が繁殖に与える影響を明らかにし、各飼育施設での繁殖計画における活用を目的とし

た。

2. 血統登録から分析した繁殖傾向と生存状況

飼育下個体群を遺伝的に健康な状態に保つために、チーターでは国内血統登録および国際血統登録の2つに1931年～2012年現在までに飼育された個体が登録されている。この2つを用い国内で飼育された個体の生存状況、繁殖傾向、血統の3つの観点から解析を行った。

(1) 生存状況

我が国では1931年～2012年の間に16施設（現飼育施設9施設）で548頭が飼育され、このうち341頭が死亡し、特に1歳未満の死亡数は最も多い114頭であった。これらの341頭の死亡原因を解析した結果、幼獣（0歳）の死因は主に呼吸器系疾患、外傷および死産などであった。死産や早産は、両親が近交である場合に増加するとされており、本研究において1980～2000年代における年代別の死因を調査した結果、2000年代に向かって死産の割合が増加していることから、遺伝的多様性の低下が示唆された。一方、幼獣の死因として、呼吸器系疾患および外傷によるものが多かったものの、死産以外の死因は、2000年代にかけて減少しており、飼育技術の向上の結果であると考えられる。成獣の死因は主に泌尿器系疾患および消化器系疾患であった。これらの疾患には、遺伝的多様性の低下、飼育による慢性的ストレス（制限領域、運動不足及び他個体との接触）が関係している可能性が報告されている。成獣、幼獣共に、遺伝的多様性の低下の影響を受けている可能性が懸念される。

(2) 繁殖傾向

国内産の314頭は、雄36頭、雌42頭から産まれた。これらの繁殖個体の繁殖時の年齢には、野生個体、海外個体、国内個体間で統計的な有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。雌は海外個体では野生個体と国内個体に比べ高齢であり、雄は国内

個体で野生個体と海外個体に比べ低年齢であった。国内の繁殖において、他園又は海外から導入された個体が 98 例中 75 例で繁殖しており、導入されてから 3 年以内に 8 割が繁殖に至っていた。導入数と雌の繁殖頭数と繁殖例数の相関について重回帰分析した結果、雌の繁殖頭数は導入総数と雄の途中導入数で、繁殖例数は雄の導入数、導入個体の由来数及び雄の途中導入数で説明され、共に雄の新規個体の導入数が大きく関係していた。また、繁殖可能個体が同時期に同一施設で飼育されている場合、5 例中 4 例で繁殖に優位な個体が確認された。これらのことから、チーターの繁殖には雄の新規個体導入によって多くの雌雄が良いパートナーとペアになる機会を増やすことが重要であり、複数頭の繁殖可能な雌が同じ施設にいる場合、繁殖に優位な雌の特定又は、雌間の関係を考慮した繁殖計画が必要と考えられた。

(3) 血統

2012 年現在生存する 106 頭の創始個体は雄 37 頭、雌 29 頭であった。飼育集団下でボトルネックを避けるには、遺伝的に貢献する創始個体を最低 20~30 個体用いる必要があるが国内飼育集団においては野生集団と同程度の遺伝的多様性が存在することから、現在の飼育下では集団の遺伝的多様性は保たれていると考えられる。しかし、創始個体の貢献の割合は最高 53.9%、最低 1.8%と変異幅が大きかった。また、国内で 3 世代以上の繁殖を経た現生存個体は 106 頭中 3 頭と少なく、その他の個体は 2 世代以内に海外又は野生から導入された個体が繁殖した個体であった。現在の創始個体を保つには、貢献割合が少ない創始個体を血縁を持つ個体を優先したペア形成又は、新たな血縁個体の導入が必要だと考えられた。

3. 発情に影響する環境要因

(1) 多頭飼育下における行動と糞中ホルモン

行動と糞中ホルモン含量を発情指標として、放飼順、放飼方法、個体の導入及

び繁殖状況など、飼育下での環境の変化が発情に及ぼす影響を明らかにしようとした。各放飼場には、1日に2~3個体を交代で放飼し、雄の臭いや鳴き声などが雌の行動と生理にどのような影響を与えるのか調べた。その結果、雌1頭において、放飼方法を雌2頭交代から雌雄2頭交代に変化させることによって、繁殖に関係する行動の増加と糞中エストラジオール-17 β 含量の上昇が見られた。また、一部の雌の繁殖状態が同時に飼育されている他の雌の発情に影響を与えるのかを調査するため、育子中個体の有無で期間を分け、各期間で行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量を比較した。その結果、同時飼育の雌に育子中個体があった期間では、行動数と糞中エストラジオール-17 β 含量が発情と共に増加した。しかし、育子中個体の育子が終了した後の期間では、糞中エストラジオール-17 β 含量の変化と関係なく行動数に増減が見られた。以上のことから、雌チーターにおいて雄との嗅覚的接触が発情を誘発するとともに、同一施設で飼育される雌の繁殖状態が他雌個体の繁殖生理と行動に影響を与えている可能性が示唆された。

(2) 鳴き声によるコミュニケーション

チーターの様々な鳴き声がどのような役割を果たしているのかを明らかにし、繁殖との関係を解明することを目的に解析を行った。成熟個体の音声として17種類、未成熟個体の音声として7種類抽出することができた。そのうち、繁殖に関係あると考えられる音声は雌で5種類、雄で2種類であった。また、雄の鳴き声の1つは、2009年1月に雌の排卵を促すとされた音声と同一であった。雌の音声では、糞中エストラジオール-17 β の増加と共に鳴き声が増加することが明らかになった。しかし、雄の鳴き声は、雌の発情の一部に反応していることが確認され、兄弟に対しても使用されることが確認された。発情に反応している場合は、数日間鳴き続け、「臭いをかく」行動の増加がみられた。また、雄の鳴き声2種は雌の発情が強くなるほど回数が増加し、排卵を促すと推定された音声が増加した。このことから、雌雄の鳴き声の増加は、雌の発情の検知に有用であるこ

とが明らかになった。

4. 総合考察

2012年現在、国内のチーター飼育集団において野生集団同様の遺伝的多様性が保たれていると考えられるが、創始個体の貢献度には偏りが見られ、今後の繁殖によっては遺伝的多様性が減少する可能性が大きい。チーターの死因には、飼育環境による慢性的ストレスもあるが、死産の増加や他種では稀な泌尿器系疾患など遺伝的多様性の低下が関係すると考えられる疾患が多い。これらの個体の血縁を保ち、個体の増殖を行うためには、貢献度の少ない血縁に考慮したペア形成が必要だと考えられる。

繁殖において、血統登録調査から2012年現在までに繁殖した個体の8割が移動または性成熟から3~4年間に繁殖しており、この期間内に繁殖しない個体を、施設間での導入・搬出させ、新規の雄を複数の施設から導入することにより、新規の雌雄同士を見合わせる機会の増加が重要である。血統登録調査及び繁殖行動と糞中エストロジオール-17 β 含量の関係から、複数頭の繁殖可能な雌が同じ施設にいる場合、雌間の関係が繁殖に影響を与えていることが明らかになった。複数の性成熟に達した雌を飼育する場合、繁殖に優位な雌の特定又は、雌間の関係を考慮した繁殖計画が必要だと考えられる。また、鳴き声による排卵の誘発は確認できなかったものの、発情に伴い雌雄共に鳴き声の回数の増加が確認された。雄が一部の発情にのみ反応するのは、雌の優劣又は雌雄の相性などが相関していると考えられ、雄の鳴き声による発情の検知において有用だと考えられる。

Summary

Studies on the reproductive management in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*)

Saori Imon

Department of Human and Animal-Plant Relationships, Graduate School of Agriculture,
Tokyo University of Agriculture

1. Background of the study

The number of wildlife species on the verge of extinction has continually increased over recent years. It is necessary to clarify reproductive physiology and the management practices to promote propagation of endangered species within cultures. My research focuses on the reproductive management of the cheetah (*Acinonyx jubatus*) classified as “Vulnerable” by the International Union for Conservation of Nature (IUCN).

Cheetahs breed sexually on an annual basis. It is important that females attain the state of estrus in captivity. The estrus cycle of female cheetah has been studied by various techniques such as observing sexual behavior, examining hormone movement in the blood and in the feces, and verifying vaginal pap smears; however, a unified method has not been developed. In addition, it has been reported that long-term estrus in captivity continues and that low-rank female is restrained in a female pair and the environment of captive facilities and multiple cheetahs inhabiting the same facilities influences the estrogen value and success of copulation. In January 2009, a special bark from a male cheetah triggered female ovulation in the San Diego Wild Animal Park in the United States. Deliberate propagation is necessary because hereditary mutation occurs at a rate of 1%-10%. In the present study, I intended to advance efficient breeding of cheetah in captivity according to the following 2 aims:

- 1) To analyze the survivorship and reproductive, trends as well as the pedigree of

domestic cheetah in 2012 using the “International Cheetah Studbook 2012” and the “Cheetah Internal Studbook.”

2) To investigate the influence of voice and odor of other cheetahs on the behavior and physiology of females by daily release of a group of cheetahs, one at a time and alternatively (male/female), into an outdoor enclosure for behavior observation. Hormone measurement of the feces and analysis of voices of the cheetah raised at Tama Zoological Park was conducted and results were incorporated into the propagation plan at each facility.

2. Survivorship and reproductive trends of cheetah analyzed from the studbook

We investigated the reproductive trend and survival of cheetah, reared between 1931 and 2012 in Japan. We analyzed the “International Cheetah Studbook 2012” and the “Cheetah Internal Studbook” for the history survivorship, reproductive trend, and pedigree of cheetahs reared in Japan.

(1) Survivorship.

A total of 548 animals were bred in 16 facilities (9 facilities at present), and 314 of them were produced during 1931–2012 in Japan. Of these, 341 are dead, with the death toll of individuals <1 year being 114. Analysis of the cause of these deaths indicated, that the major causes of the death of cubs (0 years old) were respiratory system disease, injury, and stillbirth. When inbreeding in parents increased, stillbirth and premature delivery occurred; analysis of the cause of death according to age during the 1980-2000 period indicated that the percentage of stillbirths increased during the 2000s, possibly because of a decline in genetic diversity. On the other hand, the description of a respiratory system disease and injury as the cause of death of cubs was very general; however, the percentage of causes of death besides stillbirth decreased during the 2000s, most likely as a result of improvement in technology. The causes of death of adult animals were

mainly urinary system disease and digestive system disease. A possibility that a decline in genetic diversity and chronic stress caused by the captive environment (the restricted range, lack of exercise, and lack of contact with other individuals) are related is supported by the incidents of these diseases. There is fear of a decline in genetic diversity in adult animals and cubs.

(2) Reproductive trend

The offspring were born from 36 males and 42 females. A significant difference ($p < 0.05$) was found in the age of sires and dams at mating among imported wild cheetahs (wild), imported captive-bred cheetahs from foreign zoos (foreign-bred), and captive-bred cheetahs in Japan (domestic). The average age of mating of foreign-bred females was higher than that of wild and domestic females, and the average age of mating of domestic males was lower than that of wild and foreign-bred males. The number of females that produced offspring and the number of births were explained by the total number of introductions, the number of origins of the introduced individual and the number of halfway introductions of males, and the total number of male introductions and the number of halfway introduction of males, respectively. The number of halfway introductions of males concerned both of the above items. A predominance female was observed among females in 4 of 5 cases when mature females were reared in the same place and for the same period. Above all, it is important to increase the opportunities for mating by introducing new males to improve breeding success. Moreover, it became clear that when multiple mature females are reared at the same place and for the same period, a breeding program that considers the specification of a predominance female or the relationships between females is required.

(3) Pedigree

The 106 captive-bred individuals living at present as of 2012 are the product of 66 individuals (37 males and 29 females). At least 20–30 individuals have to be used as the

fathering individuals to avoid a genetic bottleneck under the culture group. As long as a wild group exists in a domestic culture group, the genetic diversity of the captive group is maintained. However, the present of contribution of founder individual to mutation varies over a wide range (1.8%–53.9%). The proportion of individuals living presently in captivity that are a product of 3 generations of captive individuals is small at 3 out of 106 in Japan, and other individuals were introduced from foreign countries or from the wild within 2 propagated generations. Considered matching pair to the blood relationships who does not have many contributions is important in an effort of keeping the blood relationships and breeding of these individuals.

3. The Environmental factors that influences estrus

(1) The Behavior and fecal hormones in multiple rearing

To investigate the influence of voice and odor of other cheetahs on the behavior and physiology of females, a group of cheetahs were released daily, one at a time and alternatively (male/female) into an outdoor enclosure. The change of releasing 1 male and 1 female from the release of 2 females at a time led to an increase in estradiol-17 β levels and affected the behavior of female cheetahs.

To investigate the reproductive status of a female or the effect of 1 estrus female on another, the period was divided by the presence or absence of nursing individuals, and comparisons were made. When nursing females were kept in the same institution, the behavior and estradiol-17 β level of other female increased. On the other hand, when nursing cheetahs were not kept in the same institution, the behavior of other female showed random fluctuations and estradiol-17 β became inactive.

The above observation suggests that the estrus condition of a female cheetah is induced by olfactory contact with a male. Moreover, presence of a pregnant or nursing female in the same institution may also have an influence on the physiology and behavior

of other females in the same institution.

(2) Vocal communication

Vocal communication was analyzed for determining what type of role the various voices of the cheetah play and elucidating a relation. It was possible to determine 7 types of immature individual and 17 types of mature individuals. Five types of voices by females and 2 types of voices by males were related to reproduction. One type of sound of the male was similar to the special bark that induced the female ovulation reported in 2009. It became clear that voices as well as estradiol-17 β levels in the feces are affected by a female's voice. But it was confirmed that the reaction is induced by both the estrus and a male's voice in combination. In terms of the reaction to estrus, I observed an increase in the behavior "Object sniff" and continual barking for several days. Two types of male voices increased in the number of times so that female estrus became strong, especially special bark from a male cheetah triggered female ovulation was dominantly increased. It became clear that the increase frequency of both male and female voice is useful for measuring female estrus.

4. Concluding remarks

I believe that at present, genetic diversity within domestic captive cheetah as of 2012 is being maintained similar to that in the wild, although there is bias in the contribution of the founder individuals, and there is a large possibility of a decrease in the genetic diversity with future propagation. Chronic stress caused by the culture environment is the cause of death; however, the increase in the number of stillbirths and death due to urinary system disease points to a decline in genetic diversity. Considered matching pair to the blood relationships who does not have many contributions is important in an effort of keeping the blood relationships and breeding of these individuals.

80 percent of the breeding individuals during 2012 were propagated within 3-4 years from introduction or sexual maturity to the analyzed studbook. It is important to increase the opportunities for mating by introducing new males to improve breeding success. Moreover, it became clear that when mature females are reared at the same place and for the same period, a breeding program in consider the specification of a predominance female or the relationship between females is required for breeding according to the analyzed studbook and behavior observation.

The influence of voice on ovulation could not be confirmed, but the increase of the number of times in voices was confirmed with estrus by the males and females. The merits and demerits of the chemistry of the female and male relates to the fact that a male reacts to only certain estrus and indicates that it is useful for measuring estrus by a male voice.

謝辞

本研究を進めるにあたり，東京農業大学農学部バイオセラピー学科野生動物学研究室 小川博教授，安藤元一教授ならびに佐々木剛准教授には終始適切なお指導とお鞭撻をいただいた。公益財団法人東京動物園協会の職員の皆様には多大なるご協力，助言をいただいた。アドベンチャーワールドの伊藤修氏，公益財団法人動物園水族館協会には，国内チーター血統登録の閲覧にご協力いただいた。小野寺まゆ氏，風間藍氏，斉藤朋美氏，飯島なつみ氏，金子結花氏ならびに中村友美子氏には同研究室所属の学生として行動観察・音声解析に多大なお協力をいただいた。多くの方々のご協力なしには，本研究を進めることはできなかった。ここに厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Aarde, van .R. J. and Dyk van Ann. 1986. Inheritance of the king coat colour pattern in cheetahs *Acinonyx jubatus*. Journal of Zoology of London 209:573-578.
- Adachi, I., Kusuda, S., Nagao, E., Taira, Y., Asano, M., Tsubota, T. and Doi, O. 2010. Fecal steroid metabolites and reproductive monitoring in a female Tsushima leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptilurus*). Theriogenology 74: 1499-1503.
- Asa, C. S., Junge, R. E., Bircher, S. J., Noble, G. A., Sarri, K. J. and Poltka, E. D. 1992. Assessing reproductive cycles and pregnancy in cheetahs (*Acinonyx jubatus*) by vaginal cytology. Zoo Biology 11: 139-151.
- 大石孝雄. 2013. ネコの動物学. 東京大学出版会, 東京, 148pp.
- Bekoff, M., Goodall, J. 2004. Encyclopedia of animal behavior volume1. GREEN WOOD PRESS. London. 1274pp.
- Bertschinger, H. J., Meltzer, D. G. A. and van Dyk, A. 2008. Captive breeding of cheetahs in South Africa -30 years of data from the de Wildt cheetah and wildlife center. Reprod Dom Anim 43:66-73.
- Bolton, L. A. and Munson, L. 1999. Glomerulosclerosis in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*). Veterinary Pathology 36:14-22.
- Brown. J. L. 2011. Female reproductive cycles of wild female felids. Animal Reproductive Science 124. 155-162
- Brown, J.L.,Graham,L.H.,W,J.,Collins,D.,Swanson,W.F.,2002. Reproductive endocrine responses to photoperiod and exogenous gonadotropins in the pallas' cat (*Otocolobus manul*). ZooBiol.21, 347-364.
- Brown. J. L., Wildt, D. E., Wielebnowski, N., Goodrowe, K. L., Graham, L. H., Wells, S. and Howard. J. G. 1996. Reproductive activity in captive female cheetahs (*Acinonyx jubatus*) assessed by fecal steroids. Journal of Reproduction and Fertility 106:

337–346.

- Caro, T. M. 1994. *Cheetahs of the serengeti plains*. University of Chicago Press, Chicago and London. 478pp.
- Czekala, N. M., Durrant, B. S., Callison, L., Williams, M., and Millard, S. 1994. Fecal steroid hormone analysis as an indicator of reproductive function in the cheetah. *Zoo Biology* 13: 119-128.
- Doi, O., Shibayama, N., Sugiura, K., Kusunoki, H., Sato, T., Abe, T., Fukushige, S., Sakata, M., Sasaki, Y., Nishikaku, T., Tasaki, Y., Hase, T. and Nakamura, T. 1995. Changes in plasma concentrations of progesterone and estradiol-17 β in non-pregnant and pregnant cheetahs. *Journal of Reproduction and Development* 41: 235-239.
- Eaton, R. L. and Craig, S. J. 1970. Reproductive biology and management of the cheetah. In (R.L.Eaton, eds.) *The World's Cats*, pp. 217-254. World Wildlife Safari, Winston.
- Foster, J.W. 1977. The induction of estrus in the cheetah. In (.Eaton, R., L. ed.) *THE WORLD'S CATS*, Vol.III. pp101-111 Carnivore Research Institute, Burke Museum, University of Washington, Seattle.
- Frankham, R., Ballou, J. D., Briscoe, D. A. 2002. 保全遺伝学入門. 第 17 章 飼育集団の遺伝的管理. pp513-546. 文一総合出版, 東京.
- Goy, R.W. 1979. Sexual compatibility in rhesus monkeys: predicting sexual performance of opposite sexed pairs of adults. In: *Ciba Foundation Symposium. Sex, hormones, and behavior*. Excerpta Medica. Amsterdam. pp227–255.
- Hunter Luke. 2011. *Feridae*. In *Carnivores of the world*, pp.16-48. Princeton University Press, United States and Canada.
- Hunter, L and Hamman, D. 2003. *Cheetah*. Struik Publishers, Cape town, South Africa. 1971pp.
- IUCN Redlist <http://www.iucnredlist.org/>

- 今泉忠明. 2004. 動物百科 野生ネコの百科【最新版】. チーター. pp62-69. 株式会社データハウス. 東京.
- Johnson, W. E., Eizirik, E., Pecon-Slattery, J., Murphy, W. J., Antunes, A., Teeling, E., O'Brien, S. J. 2006. The Late Miocene Radiation of Modern Felidae: A Genetic Assessment. *Science* 311:73-77
- Kalplan, M. 2009. 雄の鳴き声でチーターの繁殖に成功. *National Geographic News*
http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=16130945
- Kalplan, M. 2009. 雄のチーターの鳴き声が排卵を誘発. *National Geographic News*
http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=81122945
- Kinoshita, K., Ohazamab, M., Ishidab, R., Kusunokia, H. 2011. Daily fecal sex steroid hormonal changes and mating success in captive female cheetahs(*Acinonyx jubatus*) in Japan. *Animal Reproduction Science* 125: 204-210.
- Lindburg D. 1989. When cheetahs are kings. *Zoonooz*:5-10.
- Marker, L. 1997. History of the Cheetah *Acinonyx jubatus* in zoos 1829-1994. *International Zoo Year book* 35:27-43.
- Marker, L. 2013. 2012 International cheetah (*Acinonyx jubatus*) studbook. Cheetah Conservation fund, Otiwarongo, Namibia.
- Meltzer, D. G. A. 1999. Medical management of a cheetah breeding facility in South Africa. In (M. E. Flower and R. E. Miller, eds.) *Zoo and Wild Animal Medicine*. Philadelphia, pp. 415-435.
- Menott-Raymond, M. and O'Brien. S. J. 1992. Dating the genetic bottleneck of the African cheetah. *Genetics* 90: 3172-3176.
- Munson L. 1993. Diseases of captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*): results of the Cheetah Council Pathology Survey, 1989-1992. *Zoo Biology* 12:105-24.
- Munson, L., Nesbit, J. W., Meltzer, D. G. A., Colly, L. P., Bolton, L. and Kriek, N. P. J. 1999. Diseases of Captive Cheetahs (*Acinonyx jubatus jubatus*) in South Africa: A

- 20- Year Retrospective. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 30:342-347.
- Munson, L., Terio, K. A., Worley, M., Jago, M., Bagot-Smith, A. and Marker, L. 2005. Extrinsic factors significantly affect patterns of disease in free-ranging and captive cheetah (*Acinonyx jubatus*) populations. *Journal of Wildlife Diseases* 41:542-548.
- 村田浩一, 楠田哲士. 2011. 動物園学. 文永堂出版, 東京. 621pp.
- 成島悦雄, 草野晴美, 高藤彰, 土井利光, 堀秀正. 2011. 大人のための動物園ガイド. 養賢堂, 東京. 233pp.
- 野本寛二, 唐沢瑞樹, 伊藤武明, 佐々木悠太, 近藤奈津子. 2012. チーターの繁殖. 繁殖を継続させるための取り組み. *どうぶつと動物園* 64: 176-181.
- Papendick, R. E., Munson, L., O'Brien, T. D., and Johnson, K. H. 1997. Systemic AA Amyloidosis in Captive Cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Veterinary Pathology*. 34:549
- Paula A., Kelly C., Natalie T., Randy R., and Fred B. 2006. Reproductive Life History of South African Cheetahs (*Acinonyx jubatus jubatus*) at the San Diego Zoo Wild Animal Park, 1970–2005. *Zoo Biology* 25:383-390
- Paul, L. and Barbara A. T. 1979. "Territorial Behavior and Rank" *Cat Behavior: The Predatory and Social Behavior of Domestic and Wild Cats* (Garland series in ethology) . Garland Publishing. Dayton, pp.217-226.
- Sarri, K. J. 1992. Estrus behavior of the female cheetah (*Acinonyx jubatus*) and the male cheetah's response to an estrus female. In (L. Marker-Kraus. ed.) INTERNATIONAL CHEETAH STUDBOOK 1991(Sect.N-5). pp1-22 NOAHS Center, National Zoological Park, Smithsonian Institution. Washington, DC.
- Smith, R. 2012. CHEETAHS ON THE EDGE. *National Geographic* 222:110-122.
- 竹田正人. 2008. 日本の動物園水族館の取り組み-種の保存事業について. なきごえ 44. URL : <http://www.jazga.or.jp/tennoji/nakigoe/2008/04/report02.html>
- Terio, K. A., Munson, L., Marker, L., Aldridge B. M., and Solnick J. V. 2005. Comparison of *Helicobacter* spp. In Cheetahs (*Acinonyx jubatus*) with and without

- Gastritis. *Journal of Clinical Microbiology* 43:229-234
- Wildt, D.E., Brown, J.L., Swanson, W.F., 1998. Reproduction in cats. In (Knobil, E., Neill, J. ed.). *Encyclopedia of Reproduction*, 1st ed. pp497-510. Academic Press, New York.
- Wildt DE, Brown JL, Bush M, Barone MA, Cooper J, Girsham J, Howard JG. 1993. Reproductive status of cheetahs (*Acinonyx jubatus*) in North American zoos: the benefits of physiological surveys for strategic planning. *Zoo Biology* 12:45-80.
- Wielebnowski N. 1996. Reassessing the relationship between juvenile mortality and genetic monomorphism in captive cheetahs. *Zoo Biology* 15:353-69.
- Wielebnowski, N. and Brown, J. L. 1998. Behavioral correlates of physiological estrus in cheetahs. *Zoo Biology* 17: 193-209.
- Wielebnowski, N. C., Ziegler, K., Wildt, D. E., Lukas, J. and Brown, J. L. 2002. Impact of social management on reproductive, adrenal and behavioural activity in the cheetah (*Acinonyx jubatus*). *Animal Conservation* 5: 291–301.
- 横須賀誠, 斎藤徹. 2010. 脳とホルモンの行動学. 行動神経内分泌学への招待 (近藤保彦, 小川園子, 菊水健史, 山田一夫, 富原一哉, 編), pp66-81. 西村書店, 東京.
- 米田一裕, 木下こづえ, 林 輝明, 伊藤 修, 大峽 芽, 奥田和男, 川上茂久, 谷口 敦, 奥田龍太, 石田達也, 佐藤 梓, 池辺祐介, 只野 亮, 都築政起, 国枝哲夫, 楠比呂志. 2010. 我が国の飼育下におけるチーター (*Acinonyx jubatus*) 集団における遺伝的多様性と血縁関係解析. *日本畜産学会報* 81:133-141.
- Young, K. M., Walker, S. L., Waddell, W. T., Monfort, S. L. and Browne, J. L. 2004. Noninvasive monitoring of adrenocortical activity in carnivores by fecal glucocorticoid analyses. *General and Comparative Endocrinology* 137: 148-165.
- Young, W. C., Goy, R. W. and Phoenix, C. H. 1964. Hormones and sexual behavior.

Science 143: 212-218.

渡辺守雄. 2000. 動物園というメディア. 株式会社青弓社. 東京. 282pp

Zhang, B., Une, Y., Fu, X., Yan, J., Ge, F., Yao, J., Sawashita, J., Mori, M., Tomozawa, H., Kamatani, F., and Higuchi, K. 2008. Fecal transmission of AA amyloidosis in the cheetah contributes to high incidence of disease. Proceeding of the National Academy of Science. 105:7263-7268