

博士論文

ハクビシンの繁殖特性に関する行動学的・生理学的研究

2012年3月

豊田 英人

ハクビシンの繁殖特性に関する
行動学的・生理学的研究

麻布大学大学院 獣医学研究科
動物応用科学専攻 動物行動管理学専攻科目
博士後期課程

2012年3月修了

DA0905 豊田 英人

目次

緒言	.....	1
第1章 捕獲ハクビシンを用いた繁殖季節の推定と受胎数の調査		
目的	.....	4
材料および方法	.....	5
1. 調査地	.....	5
2. 調査個体	.....	5
3. 繁殖季節の推定	.....	5
4. 受胎数の評価	.....	6
5. 統計解析	.....	6
結果	.....	9
考察	.....	15
第2章 飼育下のハクビシンにおける発情周期とそれに伴う行動変化に基づく繁殖季節の特定		
目的	.....	17

材料および方法	.....	18
1. 供試動物	.....	18
2. 実験期間	.....	18
3. 実験施設	.....	18
4. 飼育ケージ	.....	18
5. 飼育管理	.....	19
6. 調査方法	.....	19
7. データ分析	.....	20
結果	.....	25
考察	.....	39
総合考察	.....	42
要約	.....	44
謝辞	.....	47
文献	.....	48

緒言

ハクビシン (*Paguma larvata*) は食肉目 (ネコ目) ジャコウネコ科に属し、世界的にはパキスタンやカシミール、インドシナ半島、マレー半島、中国南東部、アンダマン島、台湾島、海南島、スマトラ島、ボルネオ島などに生息している¹⁾。食性は、主に果実を好むが、鳥類や小型の哺乳類、軟体動物、昆虫なども食物として利用する雑食性であることが知られている²⁻⁵⁾。活動時間は夜間で、熱帯雨林のような木の密集している地域では樹上で活動していることが多く、日中は洞穴や樹洞、樹上の枝分かれした部分などで休息している⁶⁻⁸⁾。

日本に生息するハクビシンについては、在来種か外来種かという議論がある。在来種説を支持するものとして、静岡県・愛媛県で捕獲されたハクビシンと中国産では遺伝子核型が異なることや、台湾・蘭嶼島産と静岡県産では、外見は酷似しているが、頭骨の形態に差異が認められることなどがあげられる^{9,10)}。しかしながら、日本でハクビシンの属するジャコウネコ科の化石が確認されていないことや、ムササビなど日本に生息する南方系の動物は台湾から九州、四国、本州と連続分布するが、ハクビシンは沖縄や九州での生息報告がないこと、また、日本の哺乳類として認められた 1940 年代初頭には東北地方、関東・中部地方、四国地方の 3 地域に飛び石状の不自然な分布をしていたことなどから、現在では海外から人為的に持ち込まれた外来種であるという意見が妥当とされている^{11,12)}。

近年、生物多様性保全への関心が高まり、我が国では 2004 年に「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(外来生物法)が環境省から公布された。この法律では、明治以後に海外から日本に持ち込まれ、特に生態系や人の生命・身体、農林水産業へ被害を及ぼすもの、または及ぼすおそれのあるものを「特定外来生物」に指定し、輸入、譲渡、飼育、保管、運搬、放野が規制されている¹³⁾。また、野生に定着した特定外来生物については、被害の拡散を防ぐため、必要に応じて防除を実施することとされている。特定外来生物に指定された動物の例として、ハブやネズミの駆除を目的に 1910 年に沖縄本島、1979 年に奄美大島にそれぞれ導入されたマングースや、アニメの影響などで北米からペットとして持ち込まれ、その後、飼育個体の逃亡や遺棄によって全国的に定着が確認されているアライグマ

マがあげられる。これらの種に対しては、現在、根絶を目標とした積極的な捕獲が実施されている^{14,15)}。ハクビシンについても、日本での定着は、戦前にタヌキに代わる毛皮獣として輸入され、養殖用として飼育されていた個体が、戦時中ないし終戦後に飼育難となって放野されたことが有力な一因とされている¹²⁾。しかしながら、毛皮獣として導入された来歴が明確でないことや、1842年(天保13年)に書かれた「皇代系譜」に捕獲記録があることから、ハクビシンは特定外来生物に指定されず、法律上は在来種として位置づけられている¹¹⁾。そのため、特定外来生物のように一方的な駆除対象とはならなかった。

上述のように、1940年代の我が国におけるハクビシンの分布は東北地方、関東・中部地方、四国地方の3地域に局地的なものであり、当時は珍しい動物であったとされる¹⁶⁾。実際、長野県や山梨県では県の天然記念物に指定されていた記録もある^{17,18)}。しかしながら、1970年代になると、それまで生息が確認されていなかった地域での進出が各地で報告されるようになり、農林水産省の資料によれば、2008年の段階でハクビシンの分布は大阪府、鳥取県、大分県、沖縄県を除く43都道府県であるとされている¹⁹⁻²²⁾。これらの報告から、我が国におけるハクビシンの分布は約60年で急速に拡大したものと考えられる。

この分布の拡大に伴い、近年、ハクビシンによって引き起こされる農作物被害や生活環境被害が日本各地で発生している。農業分野では、果樹を中心とした農作物の食害が深刻化しており、年間被害金額は、初めてハクビシンの被害がデータ化された2000年の4,000万円から年々増加し、2009年では3億2,000万円に達している²³⁾。これは日本に生息する哺乳類の中で、シカ、イノシシ、サル、クマに次ぐ被害金額である²³⁾。また、シカやイノシシなどの動物は主に山間部や中山間部で多くの被害を引き起こすが、ハクビシンは人口の集中した市街地にも生息するため、被害地が広範囲に渡るという特徴がある^{16,24)}。生活環境被害は、ハクビシンが民家の天井裏や床下、物置などに侵入することによって引き起こされるもので、ハクビシンが屋内で活動することによる騒音や、排泄された糞尿による家屋の損壊、さらには住民の健康への悪影響などが問題視されている。さらに、人気のない神社仏閣の天井裏などをねぐらとして利用することから、文化財を保護する観点からも懸念が広がっている²⁵⁾。

上述のような、ハクビシンによって引き起こされる被害への対策として、被害地域では、比較的捕獲が容易である等の理由から、捕獲による個体数管理が第一手段として実施されており、2009年には全国で6,835頭のハクビシンが有害鳥獣として捕獲されている²⁶⁾。鳥獣被

害防除としての個体数管理は、対象となる動物の個体数を減少させることで、被害の低減を図ることを狙いとしている。しかしながら、繁殖能力の高い動物種では、個体数管理のみによる被害防除は困難であるとされる場合もある。そのため、個体数管理を実施する場合には、対象種の繁殖特性に関する科学的な知見が重要な指標となる。

ハクビシンの繁殖特性に関する研究は、海外でいくつか報告があり、発情徴候や交尾行動、妊娠期間などが調査されている²⁷⁻³⁰⁾。また、繁殖季節に関しては、タイにおける飼育下の事例で早春と晩秋の2回であるという報告がある³¹⁾。一方で、ニューヨーク動物園では2月-11月にかけて飼育下での繁殖の記録がある³²⁾。また、台湾で行われた研究では、ハクビシンは飼育下において周年発情すると報告されている³³⁾。これらのことから、ハクビシンの繁殖季節をはじめとする繁殖特性は、地域や環境によって異なると考えられ、我が国に生息するハクビシンにおいても固有の繁殖特性を示す可能性がある。しかしながら、日本におけるハクビシンの繁殖特性に関する研究は、動物園での繁殖記録や、野外での繁殖事例のみに留まっており、未だ不明のままである³⁴⁾。

このように、我が国におけるハクビシンの繁殖特性に関する知見が不足しているにも関わらず、被害地域では捕獲を実施している現状がある。無計画な捕獲による被害対策は、多大な労力と時間を要するにも関わらず、期待する効果が得られない場合がある。また、動物の生命をむやみに奪うという倫理的側面からも好ましくない。したがって、ハクビシン被害への適切な対策方法を検討するためにも、我が国における本種の繁殖特性を調査することは重要であると思われる。

そこで本研究では、ハクビシンの繁殖特性に焦点をあて、主に雌ハクビシンの繁殖季節についての調査を実施した。第1章では、野生下のハクビシンを対象とし、解剖学的側面からハクビシンの繁殖季節の推定と受胎数の調査を行った。第2章では、ハクビシンを飼育下において個体レベルでの繁殖可能期間や発情周期、さらにそれらに伴う行動変化について2年間に及ぶ継続的な調査を実施した。

第1章

捕獲ハクビシンを用いた繁殖季節の推定と受胎数の調査

目的

動物の繁殖特性を調査する方法の一つとして、捕獲検体を用いた解剖学的方法があげられる。この方法は、対象となる動物の繁殖季節の推定や受胎数を調査するのに有効であり、アラグマやマンガースなど様々な動物種で実施されている³⁵⁻³⁶⁾。ハクビシンは農作物被害や家屋侵入被害を中心とした生活環境被害などにより、全国各地で有害獣として捕獲されており、環境省の資料では、2009年度におけるハクビシンの有害鳥獣としての捕獲数は全国で6,835頭にのぼる²⁶⁾。捕獲されたハクビシンを用いた研究として、食性に関する調査は過去に報告がある²⁾。しかしながら、ハクビシンの捕獲検体を用いた繁殖特性に関する研究は世界的にもほとんど報告がない。

そこで本章では、まず、埼玉県で捕獲されたハクビシンを対象に受胎数と繁殖季節について調査を実施した(調査Ⅰ)。また、調査Ⅰでは、捕獲検体数が少ない時期があり、その時期における検体数を補うため、神奈川県で捕獲されたハクビシンを用いて追加調査を実施した(調査Ⅱ)。

材料および方法

1. 調査地

【調査Ⅰ】

調査は、埼玉県さいたま市、川越市、秩父市、所沢市、飯能市、東松山市、狭山市、入間市、鳩ヶ谷市、志木市、富士見市、坂戸市、幸手市、日高市、滑川町、嵐山町、小川町、川島町、吉見町、鳩山町、ときがわ町、東秩父村の計 22 市町村を対象に実施した。

【調査Ⅱ】

調査は、神奈川県横浜市と川崎市を対象に実施した。

2. 調査個体

【調査Ⅰ】

2007 年 7 月～2008 年 9 月に上述の埼玉県内 22 市町村で有害捕獲されたハクビシン 299 頭のうち、成獣雌 96 頭を用いた。飼育下ハクビシンの観察例から、本種は 14 ヶ月齢で性成熟するという報告がある³⁷⁾。また、ハクビシンの歯式は I123CP1234M12 (I: 切歯、C: 犬歯、P: 小臼歯、M: 大臼歯) であり、生後 24 ヶ月で全永久歯の萌出を完了する³⁷⁾。よって、本調査では、第 1 から第 3 小臼歯の萌出が認められた個体を成獣個体として評価した。

【調査Ⅱ】

調査Ⅰで捕獲個体の少なかった時期のデータを補うため、2010 年 10 月～2011 年 4 月までに、上述の神奈川県内 2 市で捕獲された成獣雌ハクビシン 54 頭を調査個体とした。成獣か否かの評価については、調査Ⅰの方法に準じた。

3. 繁殖季節の推定

調査個体の腹腔内から子宮を取り出し、妊娠しているか否かを調べた (図 1-1)。妊娠が認められた場合、子宮から胎子を取り出し、胎子の頭殿長を 1 mm 単位で計測した (図 1-2)。胎子の頭殿長から、胎齢を推定し、その胎齢から逆算して得られた妊娠個体の交尾月をハク

ビシンの繁殖可能月とした。ハクビシンの妊娠期間は 60-62 日という報告があるが、妊娠期間中における胎子の成長についての研究は報告されていない²⁹⁾。よって、本調査では、妊娠期間や成獣の体格が類似している、ネコの胎子の成長曲線を参考に、ハクビシンの胎齢を推定した^{38,39)}。

4. 受胎数の評価

下記に示す胎子数と胎盤痕数をあわせてハクビシンの受胎数を求めた。

4-1. 胎子数

調査個体の中で、子宮内に胎子が認められた妊娠個体について、その胎子数を記録した。

4-2. 胎盤痕数

胎盤痕は真胎盤、つまり妊娠時に子宮内膜と融合する胎盤を形成する動物種にのみ認められる。真胎盤を形成する動物には、食虫目、ウサギ目、齧歯目、食肉目があげられる。これらの動物種では出産時に胎盤とともに子宮内膜の一部も脱落し、排出される⁴⁰⁾。出産後、子宮内膜が再生する過程で、損傷部位に血液が滞留し、赤血球中のヘモグロビンがヘモジデリンへと分解され、色素として子宮組織に沈着する。この子宮に沈着した色素が胎盤痕であり、妊娠時に胎盤が付着していた部分として観察される⁴¹⁾。このことから、胎盤痕は受胎数を推定する手段として用いられ、ヒグマやハイイロギツネなど様々な種での研究が行われている^{42,43)}。ハクビシンも食肉目に属しており、胎盤痕を形成すると考えられる。よって、調査個体の子宮の子宮角を剪刀で切り開き、胎盤痕の有無を観察した。胎盤痕が認められた場合には、その数を記録した (図 1-3)。

5. 統計解析

受胎数について、胎子数と胎盤痕数での評価の間に差があるか否かを検証するため、Mann-Whitney's U 検定を実施した。

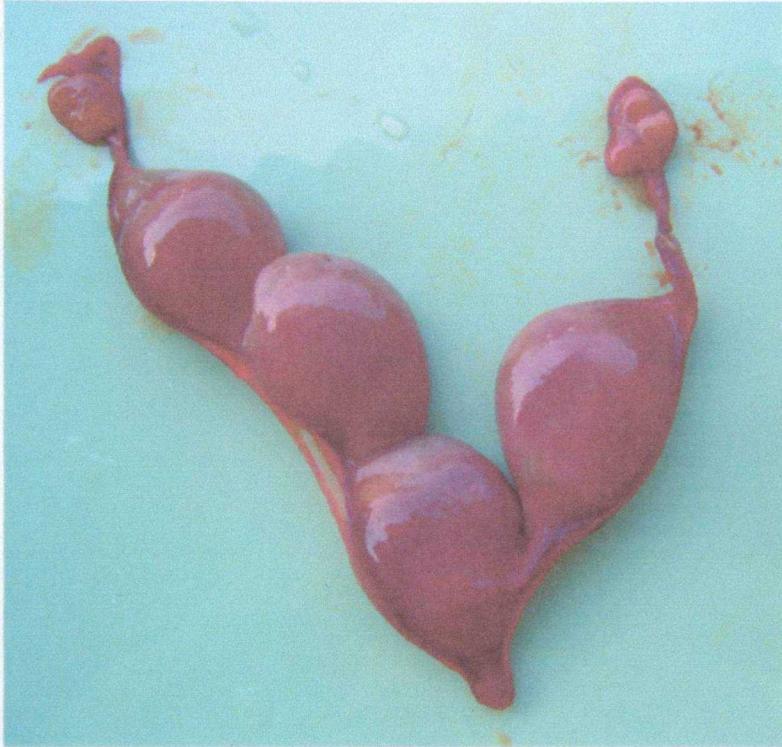


図 1-1. 妊娠が認められたハクビシンの子宮（胎子数 4 頭）

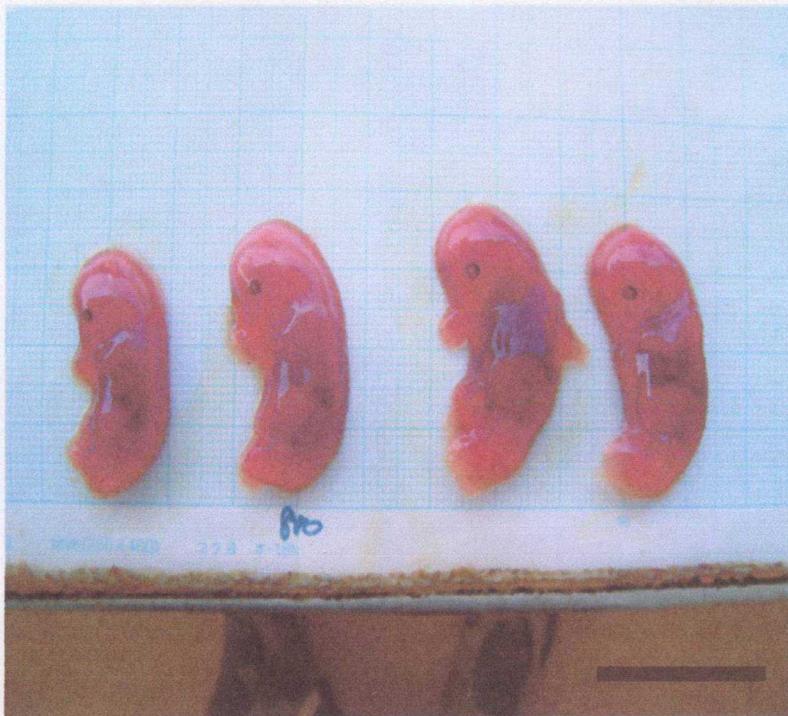


図 1-2. 妊娠個体の子宮から取り出したハクビシンの胎子（4 頭）

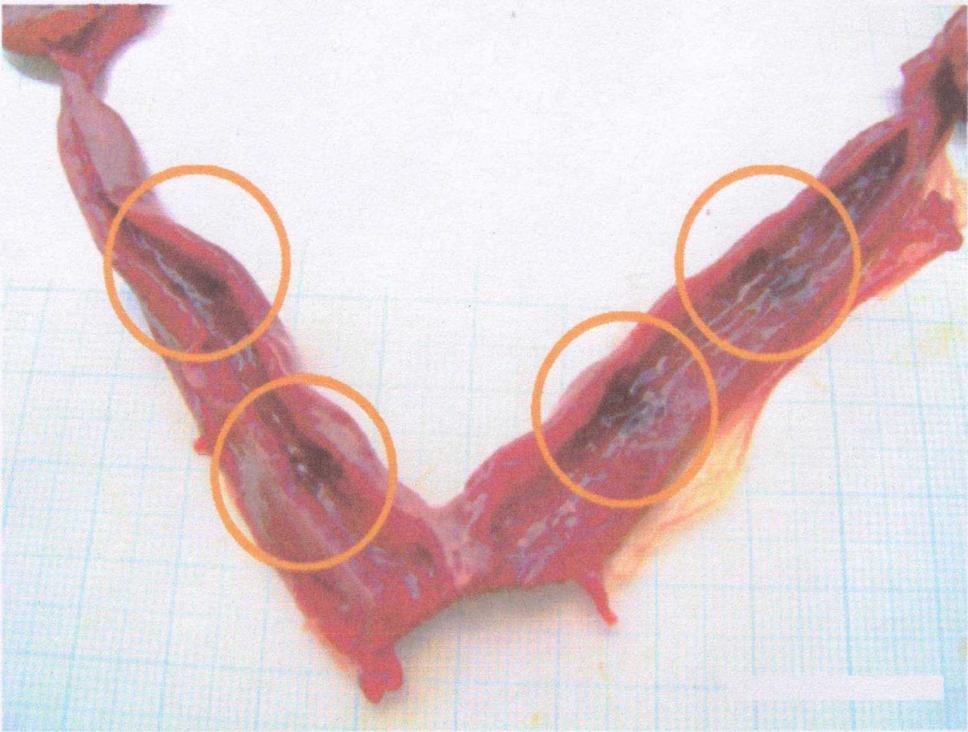


図 1-3. ハクビシンの子宮内に認められた胎盤痕 (4 個)

結果

【調査 I】

各月における調査個体の捕獲数を図 1-4 に示した。調査個体は 12 月を除く全ての月で捕獲された。捕獲数が最大となったのは 4 月で、3 月～5 月にかけて多くの個体が捕獲された。一方、10 月～2 月にかけては 3 月以降に比べ捕獲数が少なかった。また、調査個体 96 頭のうち、17 頭で妊娠が確認された。妊娠個体は 3 月～9 月にかけて認められた。妊娠個体の推定交配月を図 1-5 に示した。得られた妊娠個体はそれぞれ 1 月～9 月に交配したものと推定され、10 月～12 月に交配したと推定される個体は検出されなかった。

17 頭の妊娠個体から得られた胎子数は、妊娠個体 1 頭あたり 1 頭～4 頭で、平均胎子数は 2.6 ± 1.1 頭であった。また、調査個体中、32 頭で子宮に胎盤痕形成が認められた。胎盤痕数は 1 頭あたり 2 個～4 個で、平均胎盤痕数は 3.1 ± 0.8 個であった。胎子数と胎盤痕数をまとめると、平均受胎数は 2.9 ± 0.9 頭となった (表 1-1)。

表 1-1. 胎子数と胎盤痕数から得られた受胎数 (調査 I)

調査項目	胎子数または胎盤痕数								平均±標準偏差
	1		2		3		4		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
胎子 (n=17)	3	17.6	5	29.4	5	29.4	4	23.6	2.6 ± 1.1
胎盤痕 (n=32)	0	0.0	10	31.3	10	31.3	12	37.4	3.1 ± 0.8
受胎数 (n=49)	3	6.1	15	30.6	15	30.6	16	32.7	2.9 ± 0.9

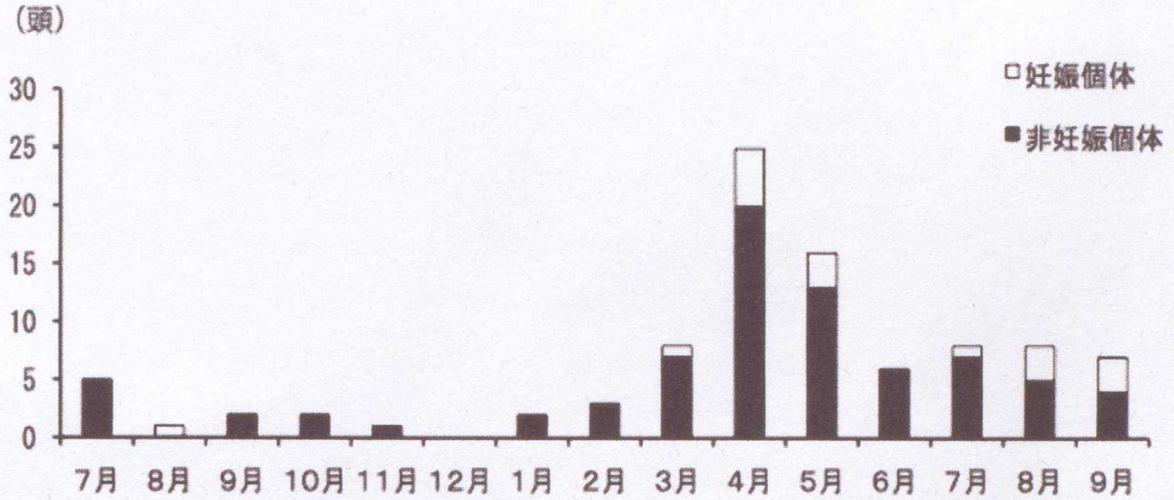


図 1-4. 各月における調査個体の捕獲数 (調査 I)

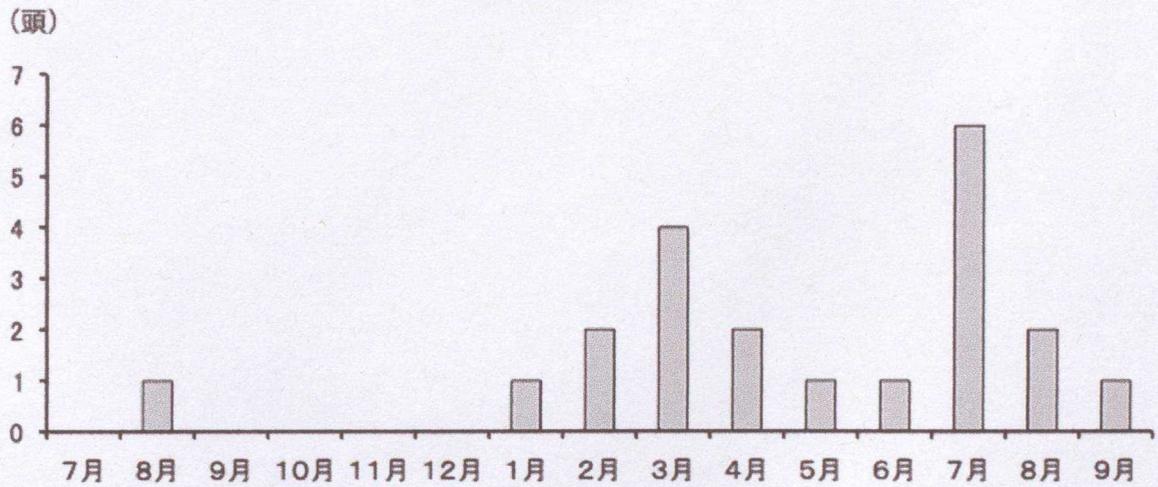


図 1-5. 妊娠個体から推定した各月における交配個体数 (調査 I)

【調査Ⅱ】

各月における調査個体の捕獲数を図 1-6 に示した。10 月における調査個体の捕獲数が 1 頭のみであったが、11 月以降はいずれの月においても 4 頭以上の調査個体が得られた。調査個体 54 頭のうち、6 頭で妊娠が確認され、これらの妊娠個体は 3 月～4 月にかけて捕獲された個体であった (図 1-6)。妊娠個体の交配月を推定すると、2 月～4 月にかけて交配したことが示され、10 月～1 月に交配したと推定される個体は検出されなかった (図 1-7)。

6 頭の妊娠個体から得られた胎子数は、1 頭あたり 2～3 頭で、平均胎子数は 2.5 ± 0.6 頭であった。また、調査個体中、7 頭で胎盤痕が認められた。胎盤痕数は、1 頭あたり 1 個～4 個で、平均胎盤痕数は 2.7 ± 1.1 個であった。胎子数と胎盤痕数をまとめると、平均受胎数は 2.6 ± 0.9 頭となった (表 1-2)。

表 1-2. 胎子数と胎盤痕数から得られた受胎数 (調査Ⅱ)

調査項目	胎子数または胎盤痕数								平均±標準偏差
	1		2		3		4		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
胎子 (n=6)	0	0	3	50	3	50	0	0	2.5 ± 0.6
胎盤痕 (n=7)	1	14.3	2	28.6	2	28.6	2	28.6	2.7 ± 1.1
受胎数 (n=13)	1	7.7	5	38.5	5	38.5	2	15.4	2.6 ± 0.9

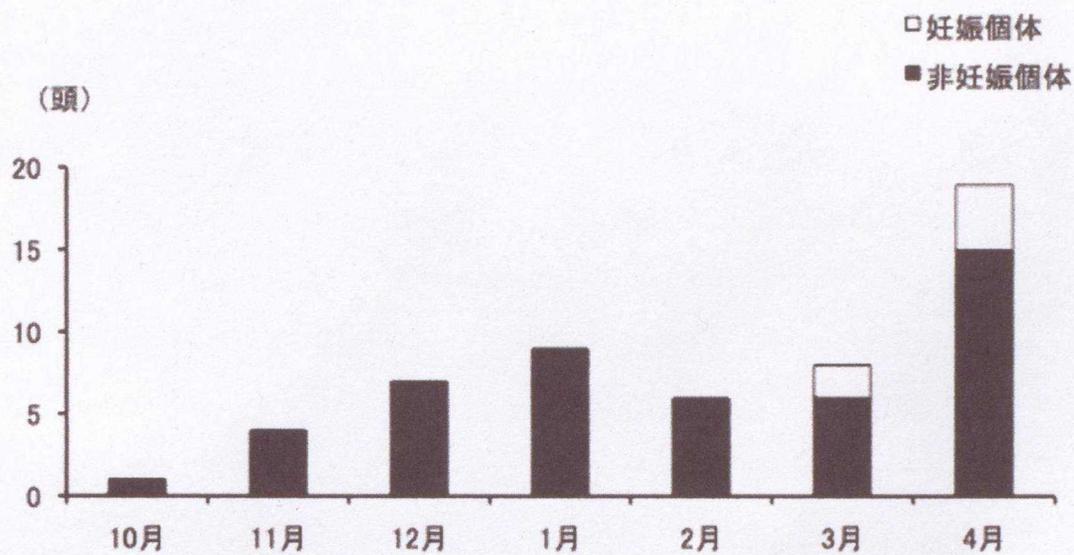


図 1-6. 各月における調査個体の捕獲数 (調査Ⅱ)

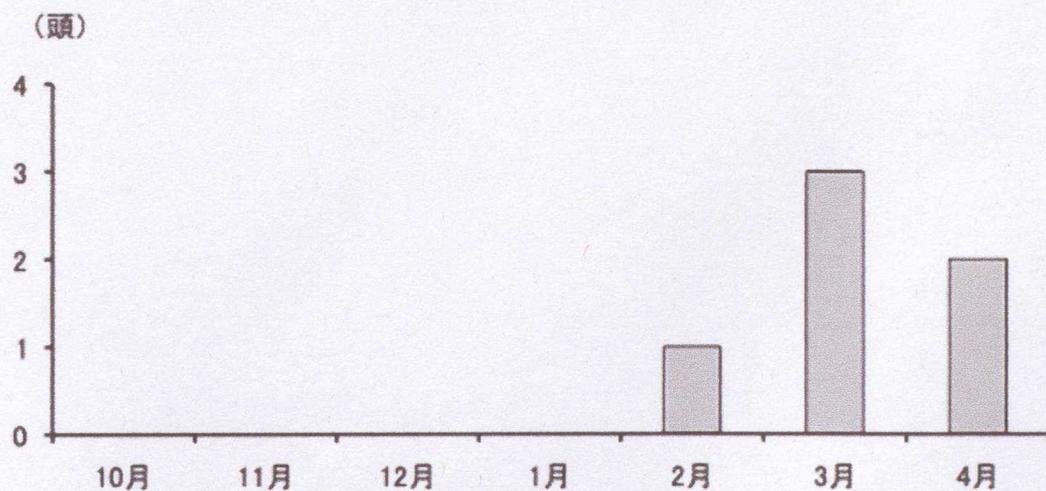


図 1-7. 妊娠個体から推定した各月における交配個体数 (調査Ⅱ)

調査 I、II で得られた、各月における交配個体数を図 1-8 にまとめた。交配したと推定されるハクビシンは 1 月～9 月にかけて認められた。また、10 月～12 月にかけては調査 I、II のいずれの調査においても調査期間として含まれていたにも関わらず、交配したと推定される個体が認められなかった。

調査個体の中で、妊娠が認められた個体は調査 I、II あわせて 23 頭で、平均胎子数は 2.6 ± 0.9 頭であった。また、胎盤痕が認められた個体は 39 頭で、平均胎盤痕数は 3.0 ± 0.9 個であった(表 1-3)。1 頭あたりの胎子数と胎盤痕数の間には有意差は認められなかったものの、胎子数に比べ胎盤痕数が多い傾向が認められた ($P=0.09$)。胎子数と胎盤痕数をまとめると、ハクビシンの受胎数は 1～4 頭で、平均受胎数は 2.8 ± 0.9 頭であることが示された(表 1-3)。

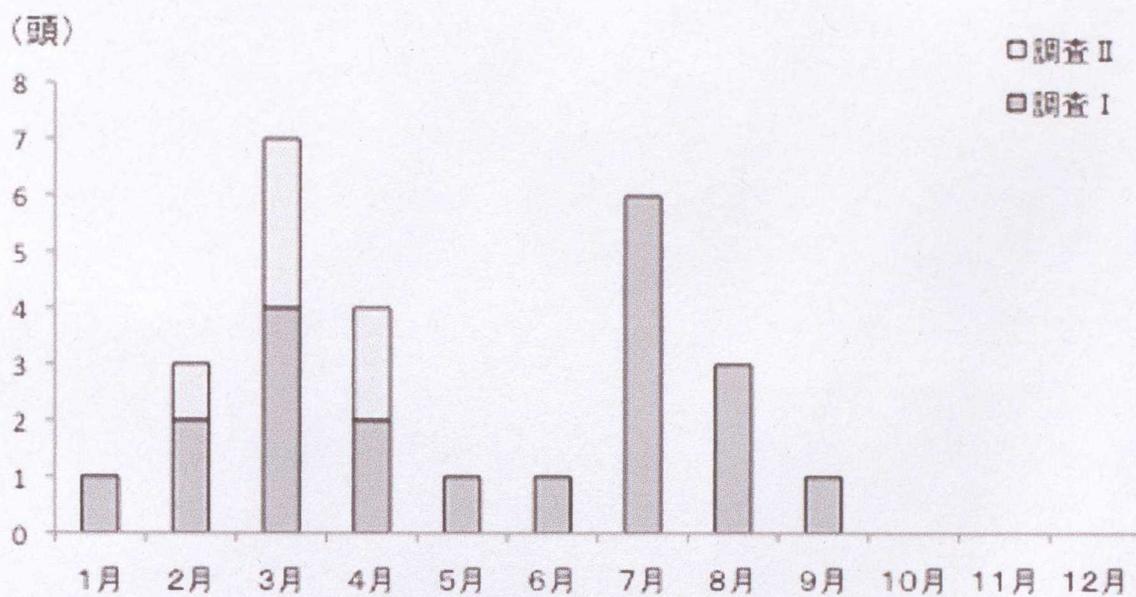


図 1-8. 妊娠個体から推定した各月における交配個体数 (調査 I・II)

表 1-3. 胎子数と胎盤痕数から得られた受胎数 (調査 I・II)

a-b: $P=0.09$

調査項目	胎子数または胎盤痕数								平均±標準偏差
	1		2		3		4		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
胎子 (n=23)	3	13.0	8	34.8	8	34.8	4	17.4	2.6 ± 0.9^a
胎盤痕 (n=39)	1	2.6	12	30.8	12	30.8	14	35.9	3.0 ± 0.9^b
受胎数 (n=62)	4	6.5	20	32.3	20	32.3	18	29.0	2.8 ± 0.9

考察

ハクビシンの繁殖季節は、生息する地域によって違いが認められており、タイでは早春と晩秋の2回、ニューヨーク動物園では2月～11月、また台湾では周年繁殖可能という報告がある³¹⁻³³⁾。本研究の結果から、日本に生息するハクビシンは1月～9月にかけて繁殖可能であり、10月～12月にかけては繁殖を休止していることが示唆された。高標高地域におけるハクビシンの行動域を調査した研究では、ハクビシンは冬期に活動範囲が狭まることを示している⁴⁴⁾。また、埼玉県秩父市で実施された同様の研究においても、7月～8月にかけて4.6 haであったハクビシンの行動範囲が、11月～12月には2.5 haにまで狭まったと報告されている⁴⁵⁾。これらの研究結果は、冬期におけるハクビシンの活動低下を示唆するものであり、本研究の結果を踏まえると、ハクビシンは活動を低下させる時期に併せて繁殖も休止している可能性が考えられた。また、本調査期間中、冬期の捕獲数が比較的少数であったことも、ハクビシンの活動低下に起因しているかもしれない。

日本に生息する多くの哺乳類は季節繁殖動物であることが知られている。例えば、タヌキは晩冬から春に交配し、晩春から初夏にかけて出産を迎える⁴⁶⁾。さらにアナグマは4月～8月が交配期とされ、テンはおおよそ7月に交配すると考えられている^{47,48)}。これらの動物と比較すると、ハクビシンの繁殖可能期間は長期にわたっている。このことは、ハクビシンが他の在来中型哺乳類と比較して、より多くの繁殖機会に巡り合う可能性を示唆している。また、Zhangら³⁰⁾は、飼育下のハクビシンにおいて、春に妊娠した個体が流産や死産によって子を失った場合、秋には再び妊娠できることを確認している。このことは、野生においても繁殖可能期間が長期にわたれば、一度繁殖に失敗しても、年内に再び繁殖の機会が得られる可能性を示している。仮に、今回得られた繁殖可能期間である1月～9月にかけて、個体レベルで繁殖可能状態を持続できるのであれば、春先に繁殖を失敗した個体が再び繁殖できる可能性は十分に考えられる。しかしながら、今回の調査で得た繁殖可能期間は各捕獲個体の捕獲時における断片的な繁殖状態を総合的に評価した結果であり、各個体がこの期間を通して繁殖可能な状態を持続できるのか否かは不明である。これを明らかにするためには、ハク

ビシンを飼育下におき、継続的に発情状況を評価する必要がある。

ハクビシンの受胎数に関しては、静岡県で新生子を調査した報告があり、1頭あたりの受胎数は1頭～4頭で、平均受胎数は3.0頭としている⁴⁹⁾。本研究から得られた受胎数は、1頭～4頭で、平均受胎数は2.8頭と、過去の文献とほぼ同様の値を示した。本研究では、胎子数と比較して胎盤痕数がやや高い値を示した。胎盤痕は発育の過程で流産した胎子でも残存するため、本来の受胎数よりもやや大きい値となる可能性が指摘されている⁵⁰⁾。このような懸念があるが、ハクビシンの胎盤痕は明瞭で観察が容易であり、今回の結果からも胎子数との著しい差は認められなかったため、過大評価の危険を認識した上で、ハクビシンの受胎数の指標として胎盤痕を用いることは有効であると考えられる。

第2章

飼育下のハクビシンにおける発情周期と それに伴う行動変化に基づく繁殖季節の特定

目的

第1章では捕獲ハクビシンを用いて捕獲時における各個体の繁殖状態を調べることで、種としての繁殖季節の推定を行った。しかしながらこの方法では、個体レベルで繁殖可能期間がどの程度持続するかなどは知ることができない。個体レベルでの発情周期や繁殖可能期間を調査する方法として、対象動物を飼育下におき、性ホルモン動態を測定する方法がある⁵¹⁾。実際に、この手法は希少動物の飼育下繁殖を目的に動物園動物などで盛んに行われている。ハクビシンにおいても、台湾で血中性ホルモン変動を測定した研究が報告されており、本種における性ホルモン測定の有用性は示されている³³⁾。

そこで本章では、我が国に生息するハクビシンにおける個体レベルでの繁殖可能期間ならびに発情周期を調査するため、野外で捕獲したハクビシンを飼育下におき、約2年かけて長期的な性ホルモン動態の測定を実施した。また、発情評価の補足手段として、外陰部の観察と膣垢検査を並行して実施した。さらに、繁殖可能期間におけるハクビシンの繁殖戦略に関する知見を得るため、性ホルモン変動に伴い行動にどのような変化が起こるかについても調査した。

材料および方法

1. 供試動物

本実験には、雌ハクビシン6頭（個体A-F）を供試した（表2-1）。この6頭は2007年から2009年にかけて埼玉県で捕獲され、それぞれ一定期間飼育下で管理されたものであった。ハクビシンは14ヵ月齢で性成熟するという報告がある³⁷⁾。また、永久歯の萌出は生後24ヵ月で完了するとされている³⁷⁾。供試個体の歯の萌出を事前に検査した結果、全ての個体で永久歯の萌出が完了していた。したがって、全ての供試個体が性成熟に達しているとみなし実験に供した。

2. 実験期間

実験は2009年7月から2011年5月にかけて実施した。2009年7月から2010年7月までは個体A-Dの計4頭を供試したが、2010年8月から新たに個体E、Fを実験に追加導入した。

3. 実験施設

本実験は、埼玉県農林総合研究センター秩父試験地内にある動物飼育舎において実施した。動物飼育舎の天井はガラス張りで、日光がガラスを通して舎内に差し込む状態であった。横壁は4面中2面がスライド式のガラス扉で構成されていた。本実験期間中は通気性を考慮し、ガラス扉を全て開放し、網戸の状態にした。飼育舎内には照明装置は設置せず、自然光下に近い状態であった。

4. 飼育ケージ

実験に先立ち、動物飼育舎内に行動観察用飼育ケージ（W950×D1400×H1800 mm、以下、大型ケージ）を作成した（図2-1）。大型ケージは金網（線径：3.2 mm、網目：50×50 mm）を繋ぎ合わせて組み立てた。ハクビシンは休息場所として樹洞や民家の屋根裏など暗い場所

を利用することが知られている^{6,22)}。それを考慮して、大型ケージは2段構造とし、2段目には木箱を被せ暗室とした。1段目と2段目の床面にはスノコ板を敷き、2段目のスノコ板は前面に引き出せるようにした。1段目と2段目の境に250×250 mmの穴をあけ、2段目への入口とした。供試個体が1段目と2段目を容易に行き来できるように木の棒を設置した。2段目への入口にはスライド式の扉を設置し、管理時などに供試個体を2段目に隔離できるようにした。1段目の前面は実験者がケージ内に入れるように扉構造とした。この大型ケージを4つ作成し、横一列に並べた。隣接する供試個体の影響を考え、ケージ間には木板を設置し、視覚的な遮断を行った。

個体Aおよび個体Cは、2010年7月に大型ケージから市販のペット用ケージに移動した。この2頭が入っていたケージに、2010年8月から個体Eおよび個体Fを導入した。

5. 飼育管理

飼育管理は8:00～11:00に行った。飼料は市販のドックフード（ユニ・チャーム株式会社：愛犬元気 ささみ・ビーフ・緑黄色野菜入り）を1頭あたり1日100g給餌した。また、隔日でバナナ10gを与えた。給水は自由飲水とした。

6. 調査方法

実験期間中の日程を図2-2に示した。実験は行動観察と各試料の採取（糞採取、臍垢採取、外陰部撮影）を隔日で実施した。各試料の採取は上記の飼育管理時間内に実施した。

6-1. 行動観察

供試個体の行動は赤外線照射器内蔵屋外防雨カラーカメラ（IR Outdoor Camera：AVC-872RN/NL 以下、カラーカメラ）を、4画面分割ユニット（Panasonic：WJ-450A）を介してタイムラプスビデオ（Panasonic：AG-6730）に接続し、24時間モードで撮影した。撮影時間は、通常管理と各サンプル採取を行う8:00～11:00を除いた11:00～8:00とした。

また、上述とは別のカラーカメラを用いて、より詳細な行動の記録も行った。撮影時間は供試動物が夜行性であることを考慮して、21:00～3:00の6時間とした。

6-2. 外陰部観察

行動観察を実施した翌日の管理時に、デジタルカメラ（OLYMPUS： μ Tough-6000）を用いて外陰部を撮影した。撮影直前に供試個体にバナナ 5 g を与え、供試個体がバナナを摂食している間に撮影した。

6-3. 膣垢採取

膣垢採取は外陰部撮影直後に行った。外陰部撮影時と同様、供試個体にバナナ 5 g を与え、供試個体がバナナを摂食している間に、予め生理食塩水で湿らしておいた綿棒を膣内に挿入し、膣前庭部背側部に綿棒を沿わせるようにして膣垢を採取した。採取した膣垢は直ちにスライドガラスに塗抹し、風乾後、キムザ染色を施した。

6-4. 糞中性ステロイドホルモン測定

行動観察を実施した翌日の管理時に、糞を採取し、 -20°C で冷凍保存した。冷凍した糞は定温乾燥機を用いて 100°C で 2 時間熱乾燥した。乾燥後、糞を粉碎し、毛を取り除いた糞実質部分を 0.100 g に秤量した。秤量した乾燥糞からステロイドホルモンの抽出を行った。ステロイドホルモンの抽出にはメタノール抽出法を用いた。すなわち、秤量した糞をガラス製試験管に入れ、80%メタノールを 5 mL 加えて常温で 30 分間攪拌した後、 4°C 下で一晩静置した。翌日に 4°C 下で 2500 rpm、10 分間遠心分離を行い、メタノール層を分取したものを測定試料とした。この得られた測定試料から、酵素免疫測定法（以下、EIA 法）を用いて乾燥糞 1 g 当たりのエストラジオール 17β 含量を測定した。なお、EIA 法は岐阜大学繁殖学研究室で実施している方法を参考にし、同研究室の協力のもと実験者が実施した。

7. データ分析

7-1. 糞中性ステロイドホルモン分析

糞中エストラジオール 17β 含量が基底値から上昇し、最高値を示した日を高値日とし、高値日後、初めて基底値に戻った日を低値日とした。また、高値日からその次の高値日までの期間を発情周期の 1 周期分とした。

7-2. 行動分析

11:00～8:00において、各供試個体が活動しているか休息しているかを5分間隔の瞬間サンプリング法を用いて記録し、観察時間における各供試個体の活動割合を求めた。活動割合について、糞中エストラジオール17 β 含量の高値日と低値日に差があるか否かを検証するため、対応のあるt検定を用いて解析した。

また、21:00～3:00における各供試個体の行動は連続観察を行い、観察時間内の活動時間における身繕い、陰部舐め、マーキング、排尿の頻度 (/h) を記録した。各行動の定義について、表2-2に示した。各行動の頻度について、糞中エストラジオール17 β 含量の高値日と低値日に差があるか否かを検証するため、対応のあるt検定を用いて解析した。

7-3. 外陰部

デジタルカメラで撮影した外陰部について、膣内壁の露出が認められた場合を腫脹、それ以外を腫脹なしとして記録した (図2-3)。

7-4. 膣垢検査

ギムザ染色を施した膣垢について光学顕微鏡を用いて鏡検 (400倍) し、1視野毎に角化上皮細胞、有核上皮細胞、白血球の数を記録し、5視野分の各細胞の割合を求めた。

表2-1. 供試動物の概要

個体名	捕獲年月日	捕獲時成長区分	実験開始年月日
A	2007.2.25	成獣	2009.7.2
B	2009.5.22	成獣	2009.7.2
C	2009.5.24	成獣	2009.7.2
D	2009.6.8	成獣	2009.7.2
E	2007.7.14	幼獣(飼育下で出生)	2010.8.2
F	2008.4.30	成獣	2010.8.2

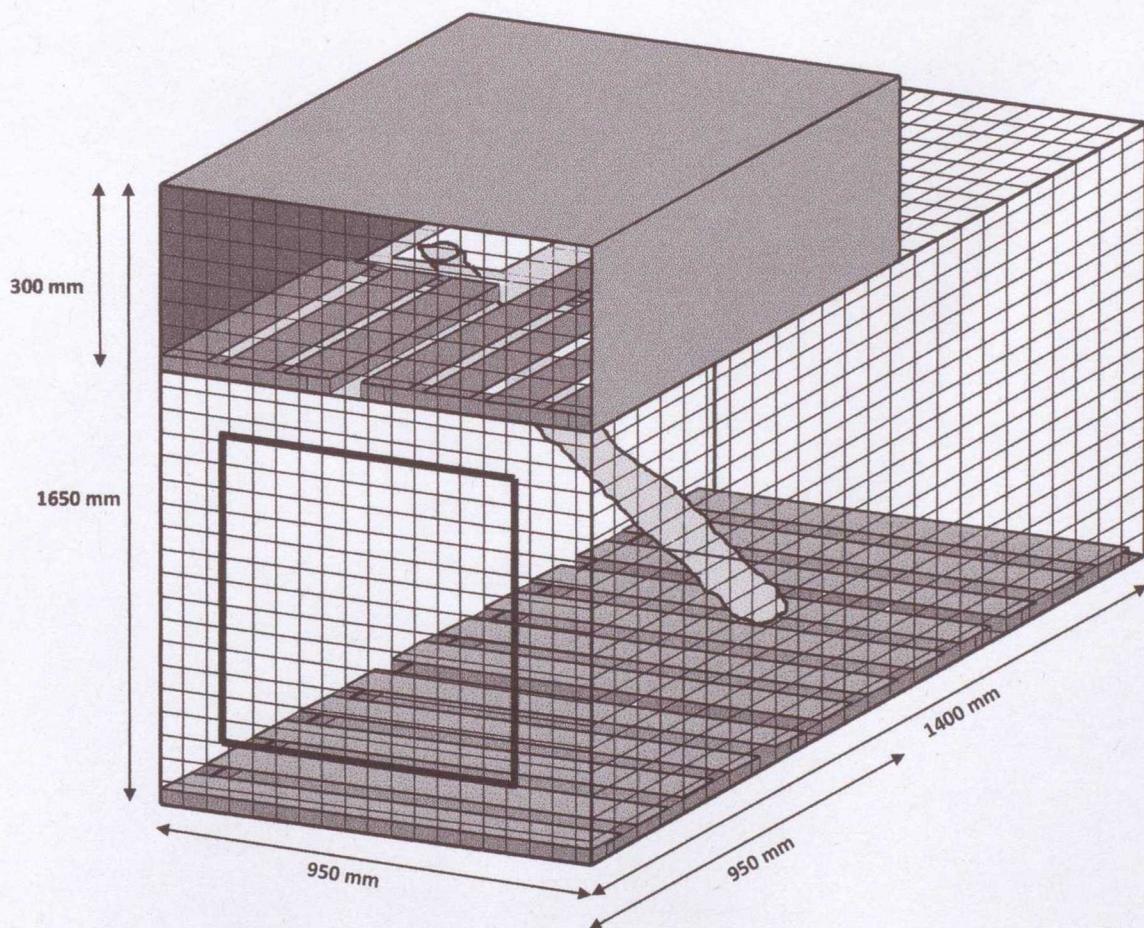


図 2-1. 動物観察用飼育ケージの概要



図 2-2. 実験期間中の日程

表2-2. 行動形の定義

行動形	定義
身繕い	体表を舌で舐める、後肢で掻く
陰部舐め	外陰部を舌で舐める
マーキング	外陰部を物に擦り付ける
排尿	尿を排泄する



図 2-3. 外陰部の一例（上の写真：膣内壁の露出を伴う腫脹， 下の写真：腫脹なし）

結果

各供試個体における糞中エストラジオール 17 β 含量の測定結果を図 2-4,5,6 に示した。個体 C を除く 5 個体で糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的な変動が一定期間認められた。個体 C では、糞中エストラジオール 17 β 含量が 0.019~0.653 μ g/g の範囲で推移し、調査期間を通して糞中エストラジオール 17 β 含量の著しい上昇は認められず、基底値を維持していた (図 2-5)。

個体 A における糞中エストラジオール 17 β 含量は、0.048~23.869 μ g/g の範囲で推移し、実験開始日~2009 年 10 月 8 日、2010 年 1 月 8 日~2010 年 8 月 22 日、2011 年 1 月 31 日~実験終了日に周期的な変動がみられ、この期間内で糞中エストラジオール 17 β 含量のピークが 25 回認められた。一方で、2009 年 10 月 10 日~2010 年 1 月 6 日と 2010 年 8 月 24 日~2011 年 1 月 29 日における糞中エストラジオール 17 β 含量は基底値で推移していた (図 2-4)。糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動が認められた期間において、糞中エストラジオール 17 β 含量のピークからその次のピークまでを 1 発情周期とすると、個体 A の発情周期は 18.6 ± 5.0 (n=22) 日間隔であることが示された。

個体 B における糞中エストラジオール 17 β 含量は、0.013~22.808 μ g/g の範囲で推移し、実験開始から約 1 年間は基底値を維持していた。糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動は、2010 年 6 月 17 日~2010 年 8 月 20 日と 2011 年 2 月 16 日~実験終了日に認められ、この期間で 10 回のピークが観察された (図 2-4)。このピークから得られた個体 B の発情周期は 16.5 ± 1.8 (n=8) 日間隔であった。

個体 D における糞中エストラジオール 17 β 含量は、0.075~7.316 μ g/g の範囲で推移し、個体 B と同様に実験開始から 1 年間は基底値を維持していた。糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動は 2010 年 6 月 11 日~2010 年 7 月 19 日に認められ、この期間に 2 回のピークが確認された。また、2011 年 2 月 28 日と 2011 年 5 月 17 日にもそれぞれピークが認められたが、この 2 つのピーク間には約 3 ヶ月の開きがあるため、それぞれ独立のピークとみなした (図 2-5)。2010 年 6 月 11 日~2010 年 7 月 19 日に認められた 2 回のピークから個体 D

の発情周期を 20 (n=1) 日間隔とした。

個体 E における糞中エストラジオール 17 β 含量は、0.162~39.874 μ g/g の範囲で変動した。この個体では、実験開始日から実験終了日まで糞中エストラジオール 17 β 含量が基底値で推移する期間はなく、実験期間を通して周期的変動が認められ、計 15 回のピークが確認された (図 2-6)。このピークから得られた個体 E の発情周期は 19.9 ± 5.3 (n=14) 日間隔であった。

個体 F における糞中エストラジオール 17 β 含量は、0.102~51.212 μ g/g の範囲で推移し、実験開始日~2010年9月25日と2011年1月21日~2011年3月12日に周期的変動が認められた (図 2-6)。糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動がみられた期間では、計 6 回のピークが確認され、このピークから個体 F の発情周期は 20.0 ± 8.5 (n=4) 日間隔であることが示された。

実験期間中に糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動が認められた 5 個体の発情周期を平均すると、 18.9 ± 1.5 (n=5) 日間隔であった。発情周期が認められた期間は、個体により様々であったが、全体として 10 月~1 月における糞中エストラジオール 17 β 含量は基底値で推移する傾向がみられた。

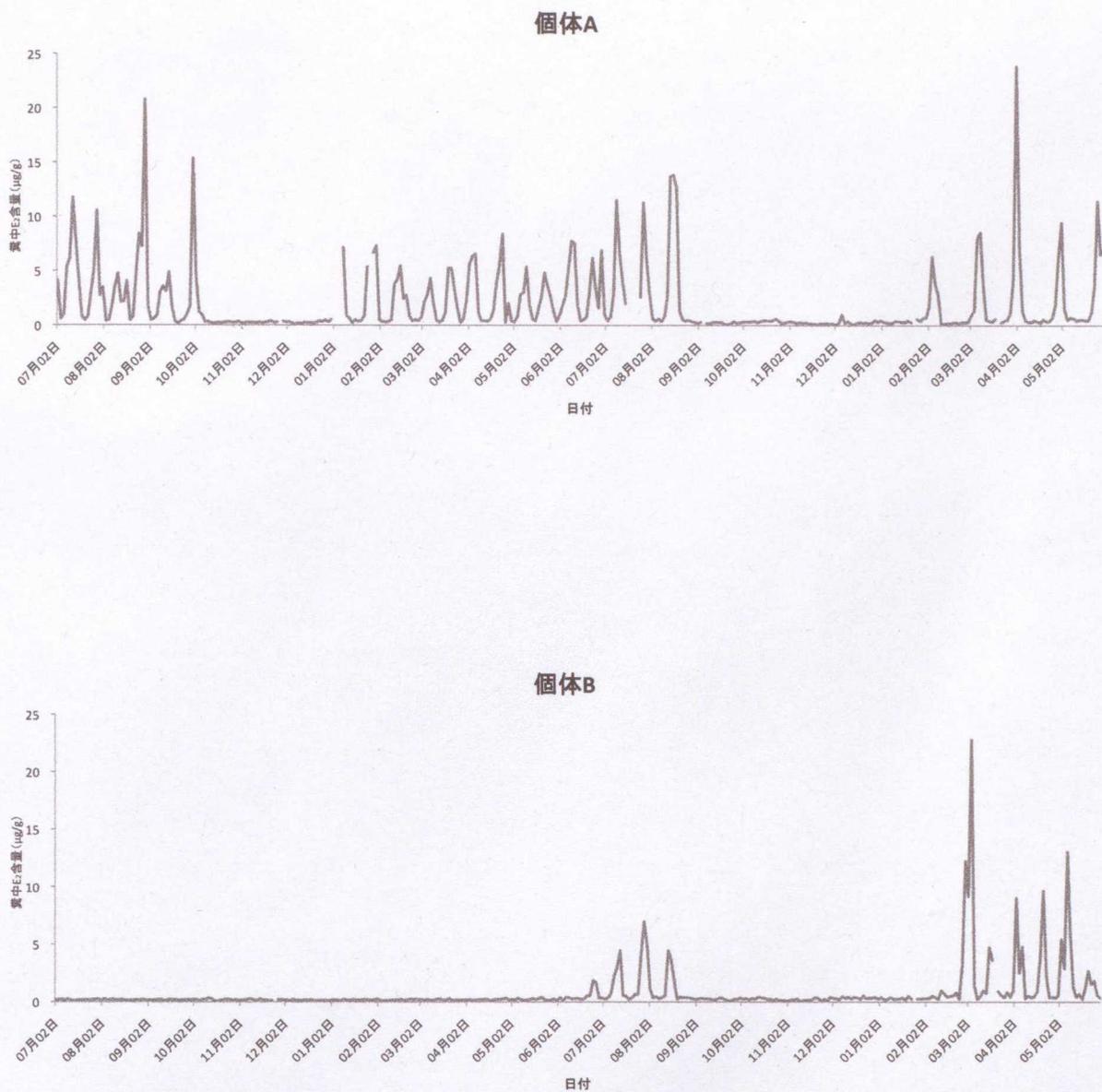


図 2-4. 個体 A および個体 B における糞中エストラジオール 17 β (E_2) の動態

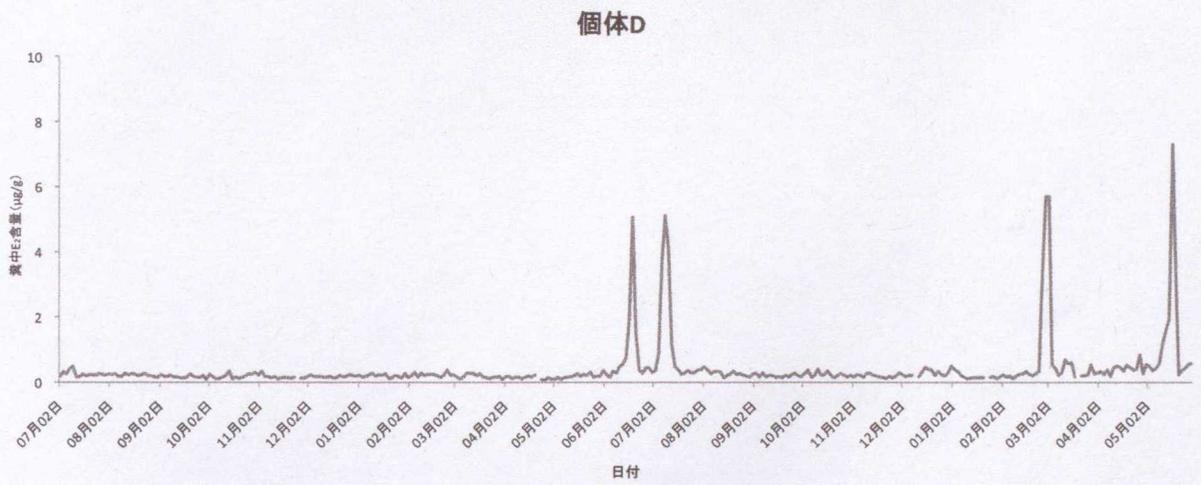
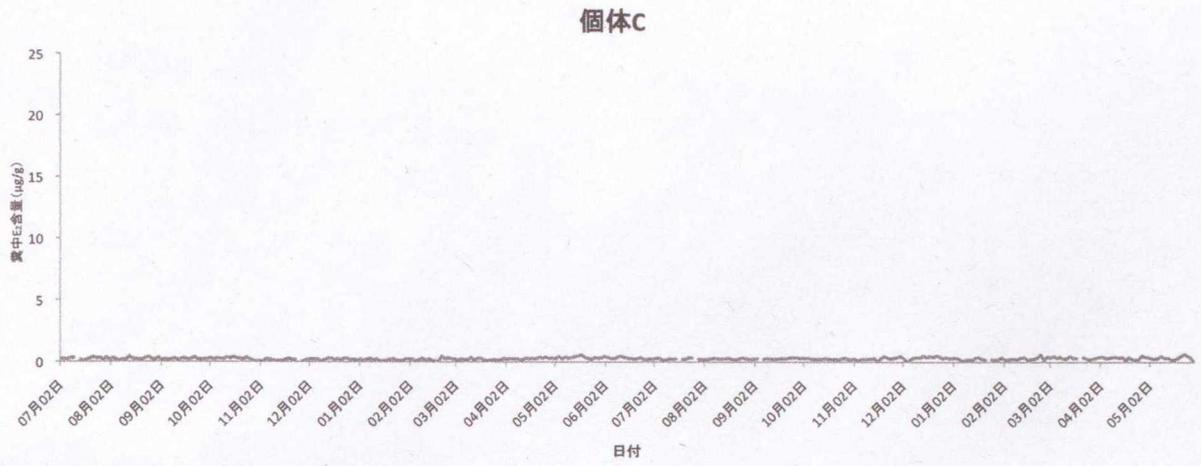


図 2-5. 個体 C および個体 D における糞中エストラジオール 17β (E₂) の動態

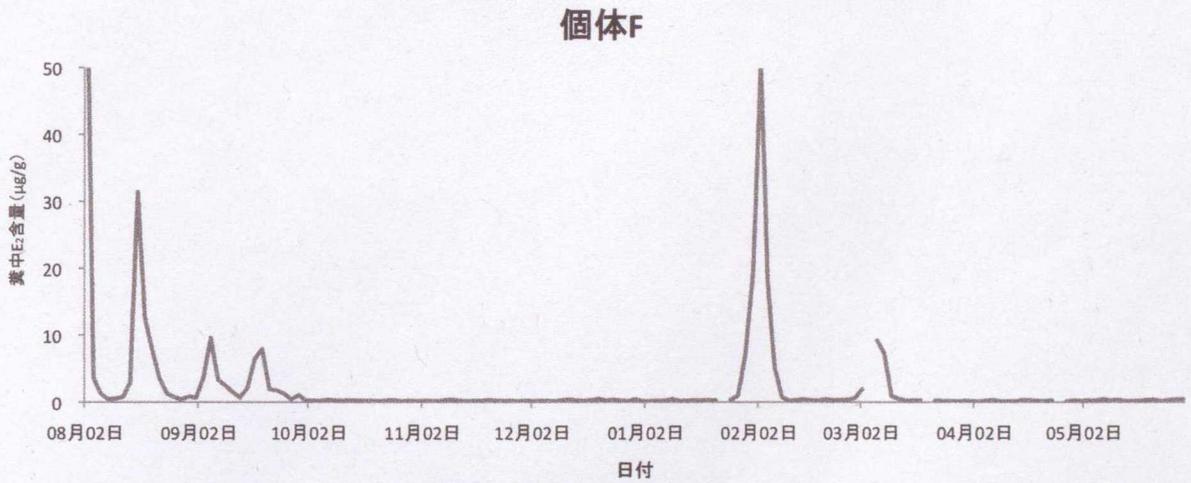
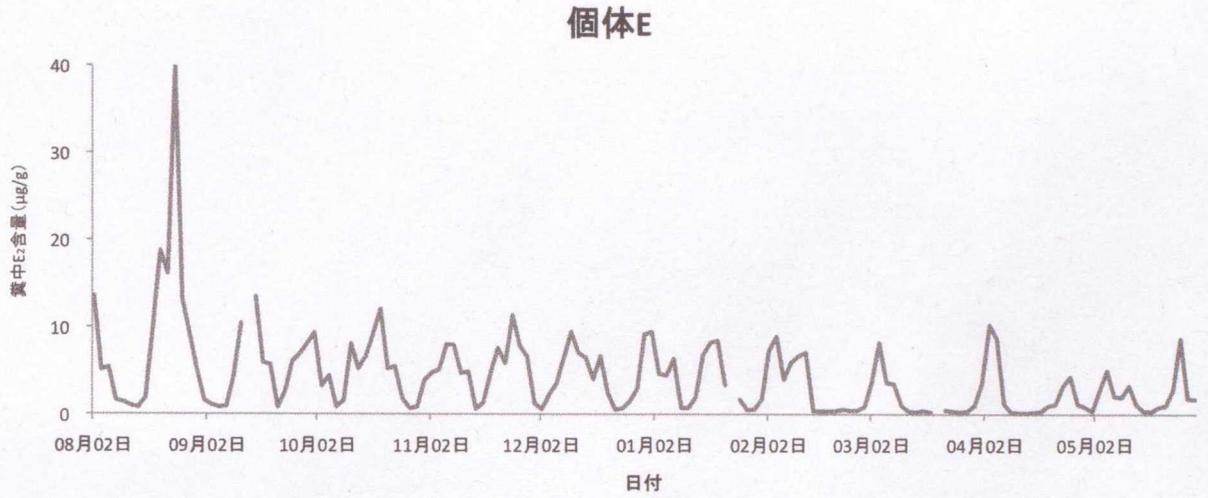


図 2-6. 個体 E および個体 F における糞中エストラジオール 17β (E₂) の動態

各供試個体における糞中エストラジオール 17β 含量と外陰部の腫脹との関係を図 2-7,8,9 に示した。糞中エストラジオール 17β 含量の周期的変動を認めた 5 個体で、膣内壁の露出を伴う外陰部の腫脹が認められた。外陰部の腫脹は、いずれの個体においても糞中エストラジオール 17β 含量の周期的変動が認められた期間に応じて発現し、周期的変動期間中は腫脹が持続していた。糞中エストラジオール 17β 含量が基底値で推移している期間では、外陰部は収縮し、腫脹は認められなかった。糞中エストラジオール 17β 含量が実験期間を通して基底値で推移していた個体 C では、外陰部の腫脹も認められなかった。

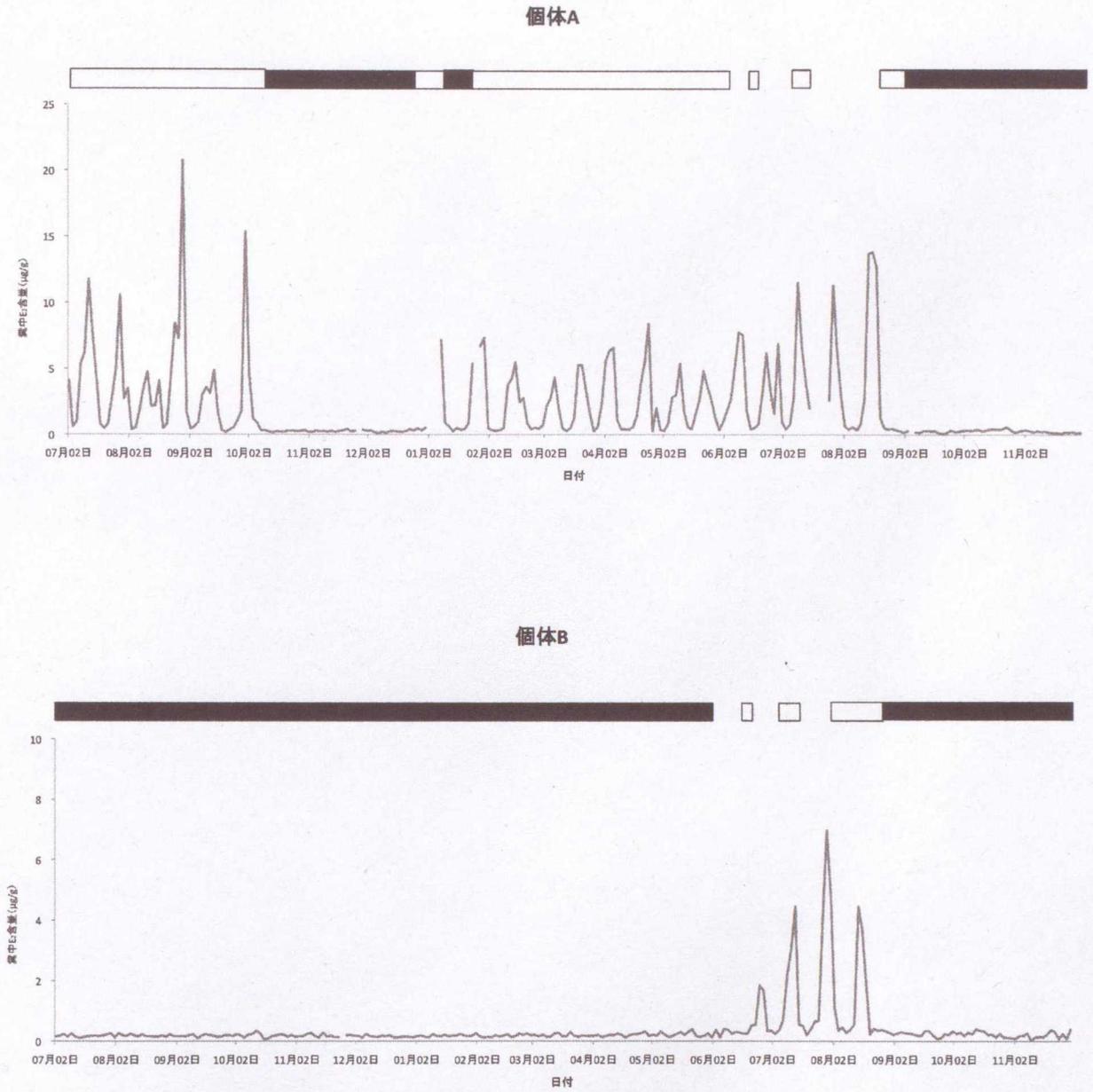


図 2-7. 個体 A および個体 B における糞中エストラジール 17β (E₂) の動態と外陰部との関係 (: 外陰部腫脹, : 外陰部腫脹なし)

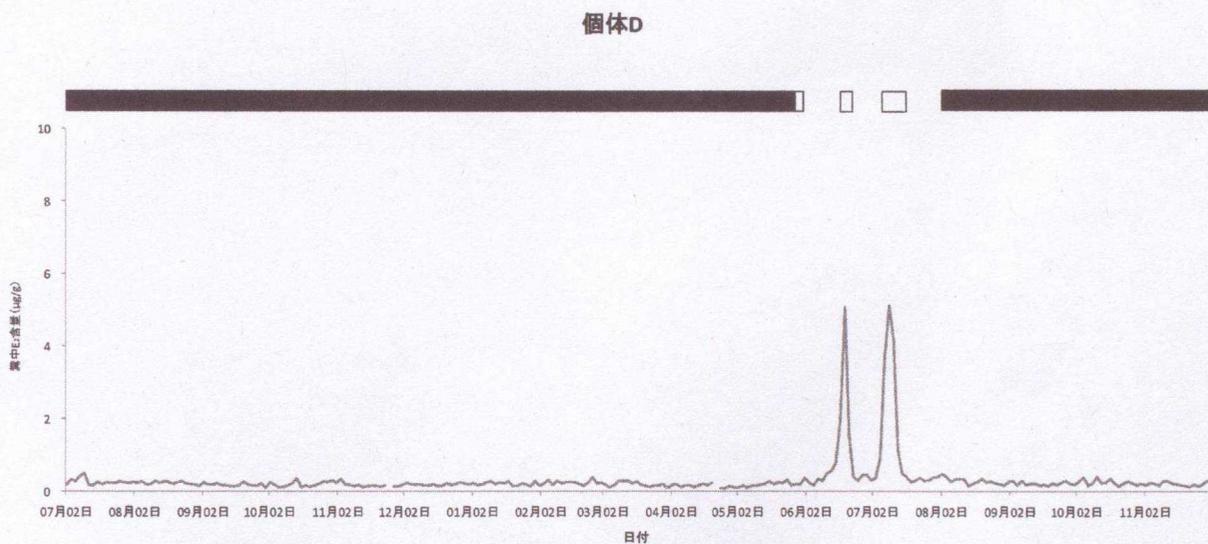
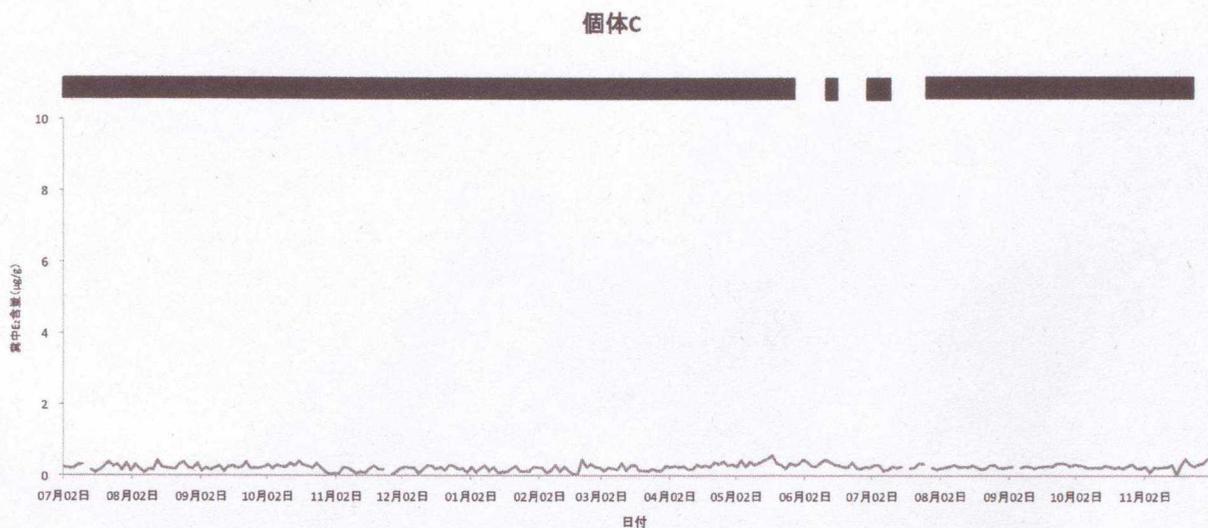


図 2-8. 個体 C および個体 D における糞中エストラジオール 17β (E_2) の動態と
外陰部との関係 (: 外陰部腫脹, : 外陰部腫脹なし)

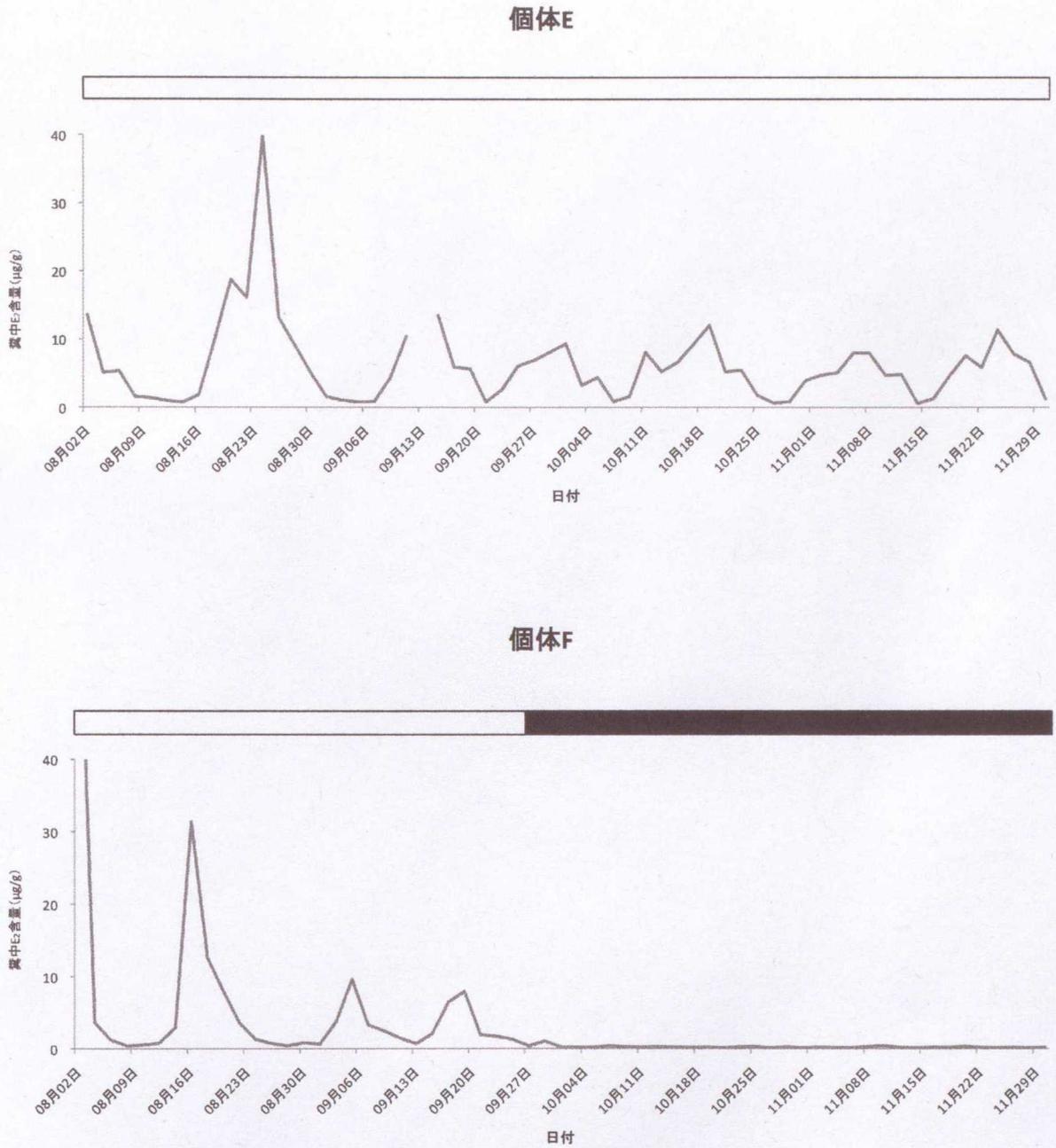


図 2-9. 個体 E および個体 F における糞中エストラジオール 17β (E₂) の動態と外陰部との関係 (□ : 外陰部腫脹, ■ : 外陰部腫脹なし)

各供試個体における糞中エストラジオール 17 β 含量と腔垢細胞割合の関係を図 2-10,11,12 に示した。いずれの個体においても、糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動が認められた期間では、角化上皮細胞の割合が高くなった。一方、糞中エストラジオール 17 β 含量が基底値で推移している期間では、腔垢細胞像に角化上皮細胞はほとんど観察されず、白血球主体となっていた。

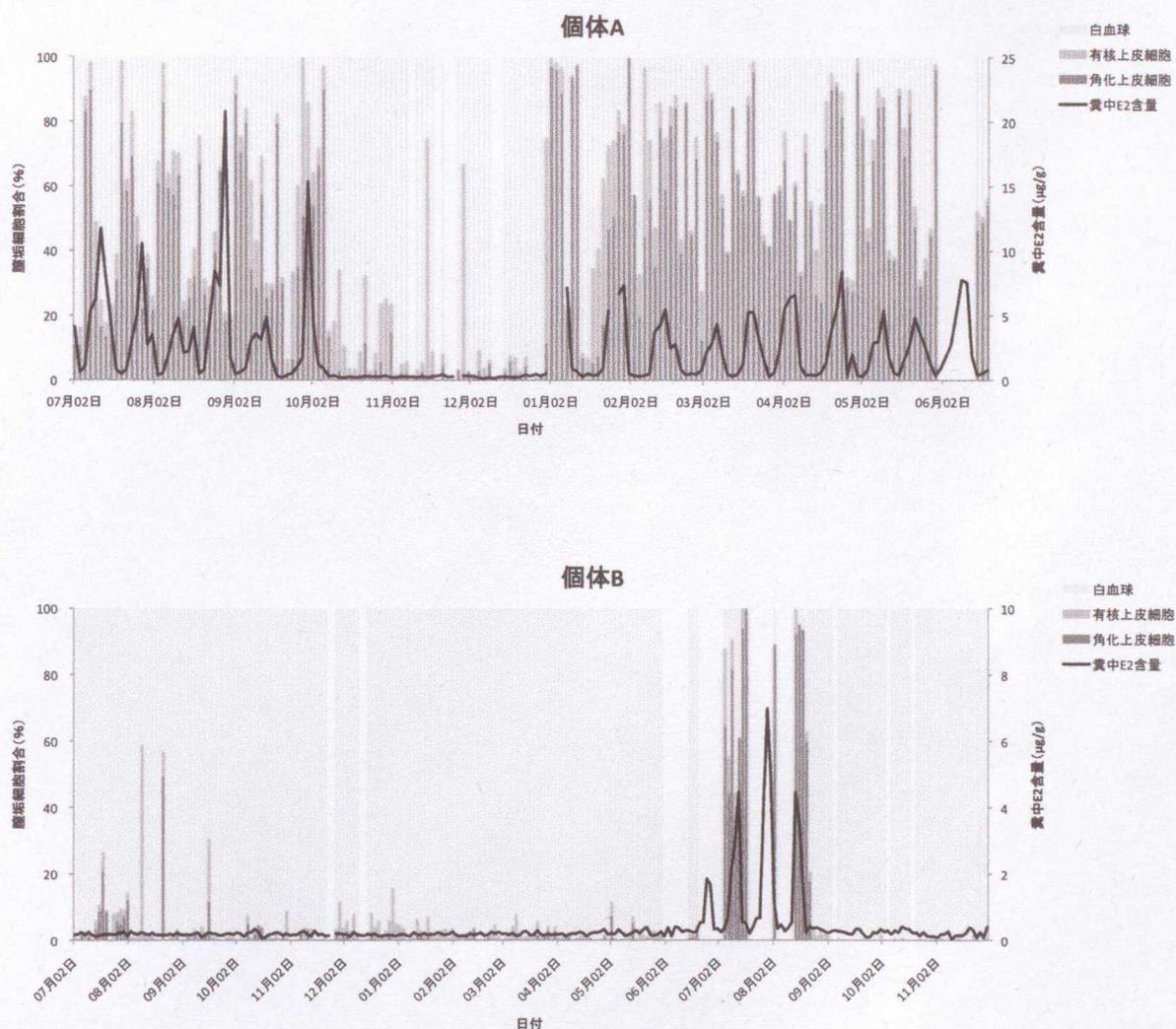


図 2-10. 個体 A および個体 B における糞中エストラジオール 17 β (E_2) の動態と腔垢細胞割合

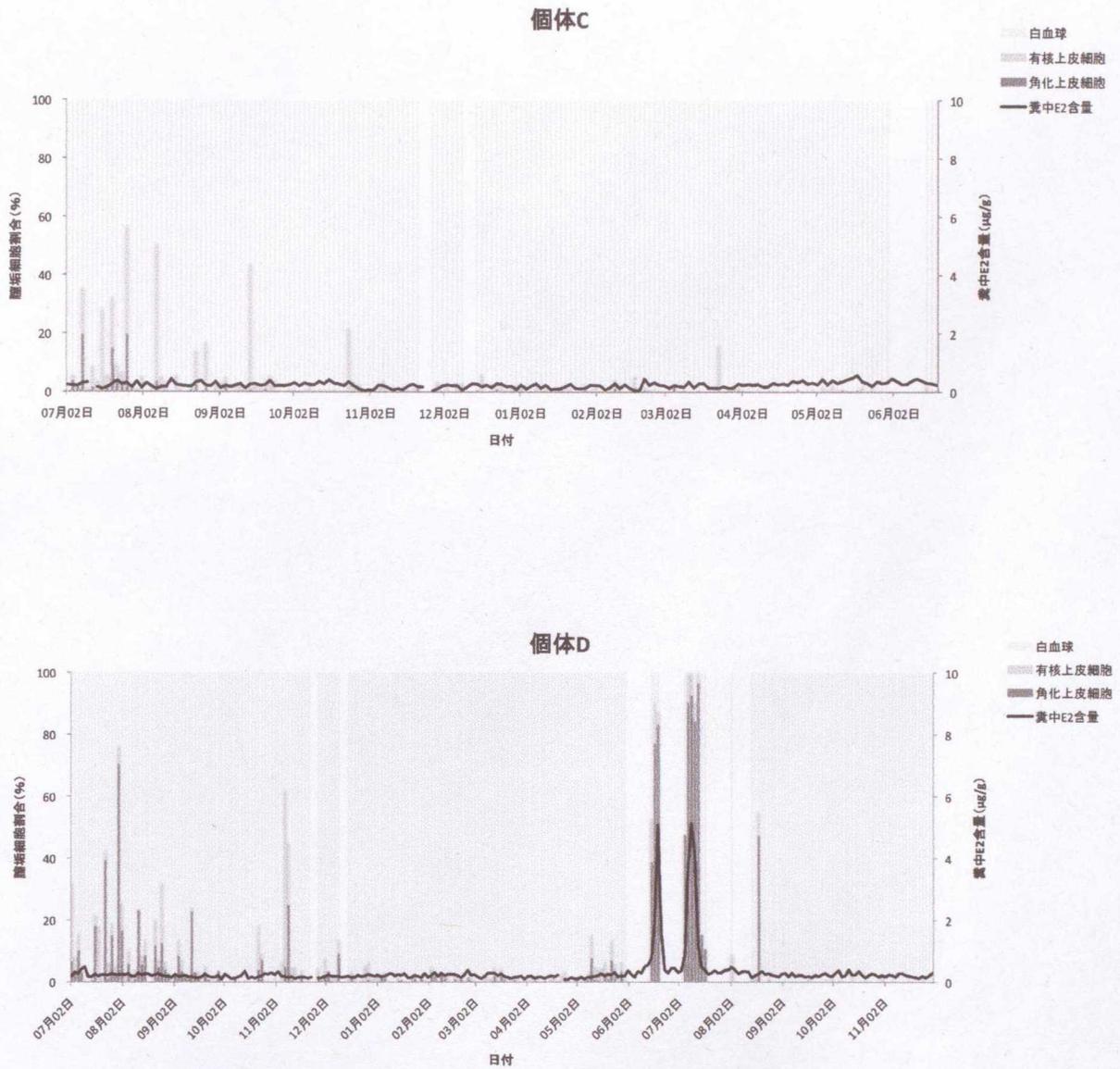


図 2-11. 個体 C および個体 D における糞中エストラジオール 17β (E_2) の動態と
 腔垢細胞割合

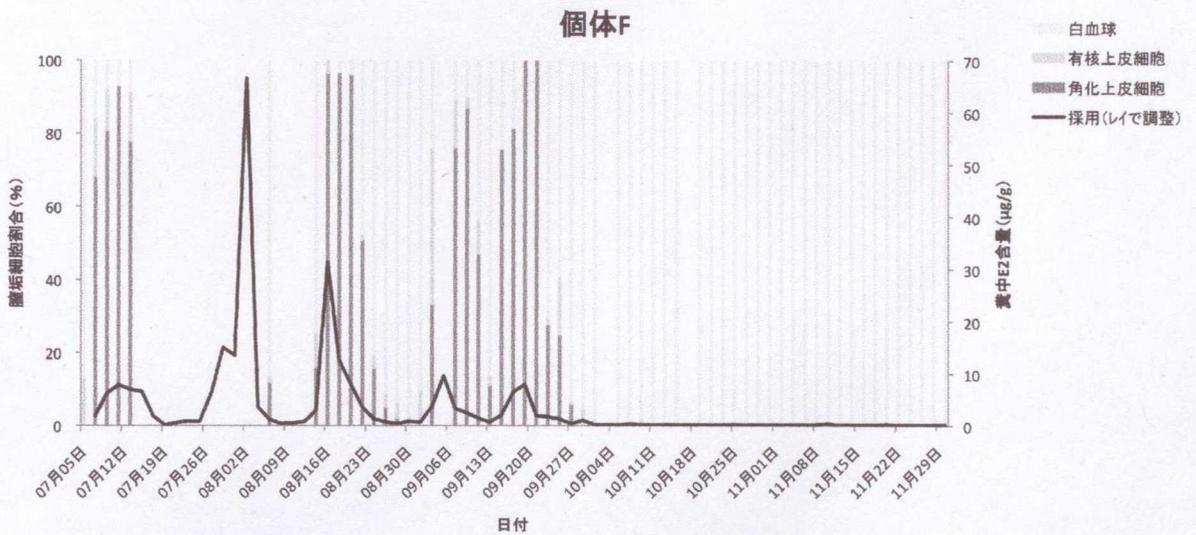
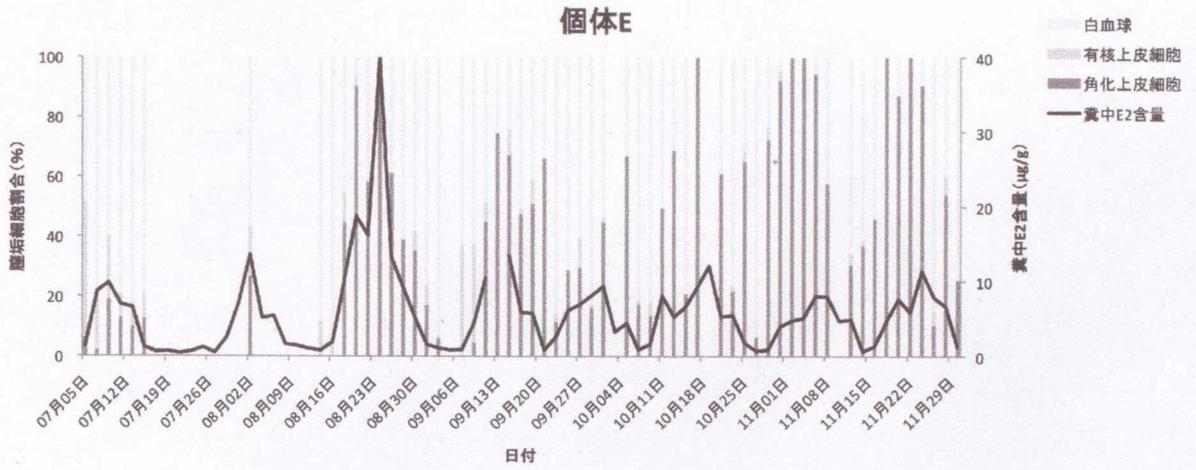


図 2-12. 個体 E および個体 F における糞中エストラジオール 17β (E₂) の動態と
 膾垢細胞割合

糞中エストラジオール 17 β 含量が周期的変動を示している期間において、糞中エストラジオール 17 β 含量ピーク日（高値日）とピーク後、最低値を示した日（低値日）の活動割合を示した（図 2-13）。供試個体の活動割合には、高値日と低値日の間に有意な差が認められ、高値日に活動が増加した（ $P<0.05$ ）。

また、高値日と低値日における各行動の頻度を図 2-14 に示した。高値日と低値日における各行動の頻度を比較すると、陰部舐め、マーキングで有意差が認められ、陰部舐めは高値日に増加し、マーキングは低値日に増加する結果となった（ $P<0.05$ ）。身繕い、排尿、排便の頻度には有意な差は認められなかった。

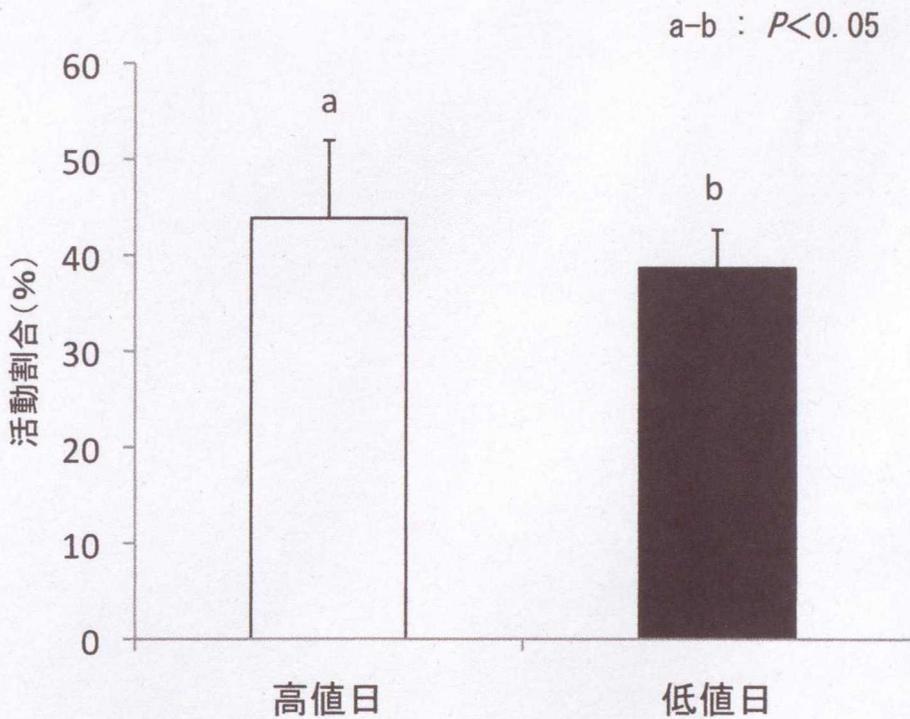


図 2-13. 糞中エストラジオール 17 β の高値日と低値日における活動割合の比較

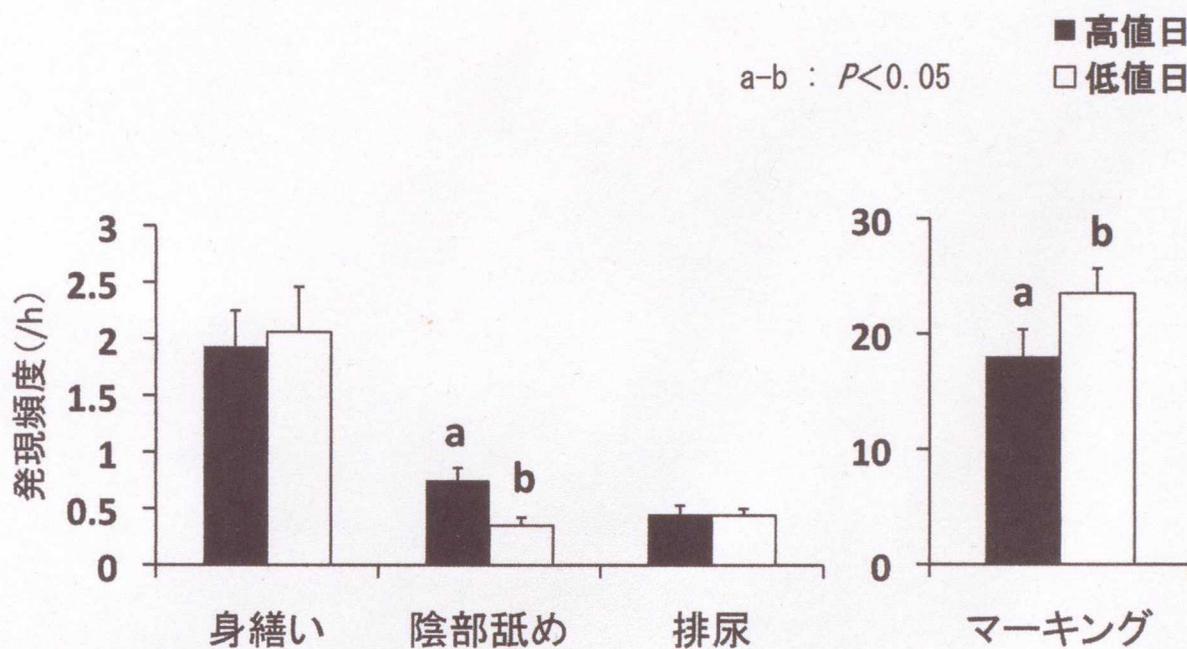


図 2-14. 糞中エストラジオール 17β の高値日と低値日における各行動頻度の比較

考察

エストラジオール 17β は、性ステロイドホルモンの一つであり、繁殖期の卵巣において卵胞で産生され、雌の発情を誘起する働きを担っている。産生されたホルモンは、血中を循環し、標的器官に到達して作用した後、肝臓で代謝され、糞中や尿中に排泄される。台湾で行われた研究では、飼育下のハクビシンから定期的に採血し、血中の性ホルモン動態を測定することに成功している³³⁾。しかしながら、血液の採取には、保定や麻酔が必要となるため、供試する動物に影響を与えている可能性がある。そこで、本研究では、主に動物園で飼育されている希少動物を対象に実施されており、非侵襲的にホルモン動態を測定する方法として注目されている、糞中性ステロイドホルモンの測定を採用した。その結果、供試個体 6 頭中 5 頭で糞中エストラジオール 17β 含量に周期的な変動が認められ、発情周期が約 19 日間隔であることを示した。この発情周期は、台湾で行われた研究とほぼ一致しており、ハクビシンにおいて糞から性ホルモン動態を把握できることを確認した³³⁾。

糞中エストラジオール 17β 含量が周期的変動を示した期間は、個体により様々であった。個体 C では、実験期間を通して糞中エストラジオール 17β 含量に著しい変動は認められなかった。また、個体 B および個体 D においても、実験開始から約 1 年間は糞中エストラジオール 17β 含量に変動がみられなかった。この 3 個体は、いずれも実験開始の 2 ヶ月前に野生で捕獲された個体であった。動物の繁殖機能は、餌資源や環境変化により影響を受けることが知られている⁵²⁾。よって、この 3 個体は野生から飼育下への急激な環境変化の影響を受けて、繁殖機能が停止していた可能性が考えられた。一方、個体 E では、実験期間を通して、糞中エストラジオール 17β 含量の周期的変動が認められた。個体 E は出生後約 10 日で捕獲され、供試個体の中で、唯一人工哺乳によって成長した個体であった。いくつかの動物種において、人工哺乳によって成長した個体はその行動や繁殖機能が他個体と異なることが示されている⁵²⁾。よって、個体 E の発情周期が休止することなく約 1 年間持続したことは、人に密接した環境で成長したことが影響したものと推察された。以上のように、本研究の結果から得られたハクビシンの繁殖可能期間は個体による変動が大きかったものの、全体としては 2 月～9

月にかけ 19 日前後の発情周期を繰り返し、10 月～1 月には繁殖機能を停止させている可能性が示唆された。Liu ら³³⁾は、飼育下におけるハクビシンの血中性ホルモン濃度を測定することにより、台湾において本種は多発情動物であり、周年繁殖が可能としている。分子生物学的研究による最近の報告では、日本に生息するハクビシンは台湾産が起源であるとされている⁵³⁾。よって、日本産のハクビシンについても周年繁殖することが予想されたが、本研究で供試した個体で周年発情を示したのは、わずかに個体 E のみであった。台湾は日本の南方に位置し、気候区分では亜熱帯域に属している。一方で日本は温帯域に属しており、亜熱帯域に比べ冬期における気温の低下は著しい。日本に生息する多くの哺乳動物は季節繁殖動物であり、餌資源が乏しく気温が低下する冬期に繁殖する動物は少ない。このことを踏まえると、日本に生息するハクビシンについても日本の気候環境に順応し、冬期に繁殖を停止させている可能性が考えられた。一方で、人工哺乳によって発育したとはいえ、個体 E で周年発情が認められたことは、日本に生息しているハクビシンも、潜在的には周年繁殖する能力を有していることを示唆している。これらのことから、日本に生息するハクビシンは周年繁殖が可能な潜在的な繁殖能力を有するが、基本的には 2 月～9 月にかけて繁殖季節とし、冬期には繁殖を行わないということが推察された。

本研究では、糞中エストラジオール 17 β 含量の測定とともに、外陰部の観察と膣垢検査も実施した。外陰部の観察は、様々な動物で発情を簡易的に判定する方法として用いられている。また、膣垢検査も主にラットやマウスなどの実験動物を取り扱う際に発情の有用な指標として用いられる。本研究では、糞中エストラジオール 17 β 含量の周期的変動が認められた期間において、膣内壁の露出を伴う外陰部の腫脹と、膣垢細胞像における角化上皮細胞の増加が認められた。この変化は、いずれもエストラジオール 17 β の作用に起因するものである⁵⁴⁾。よって、この外陰部と膣垢像の変化によって、ハクビシンにおける糞中エストラジオール 17 β 含量測定の信頼性を裏付けることができた。また、性ホルモン動態の測定による発情の評価は、特殊な機材や高価な試薬等を必要とするが、外陰部の観察や膣垢検査は比較的簡易に実施することができる。本研究によって、糞中エストラジオール 17 β 含量の変動と外陰部の腫脹および膣垢性状の変化には強い相関性が認められたことから、外陰部の観察や膣垢検査は、今後ハクビシンの発情状況に関する調査を行う際に、有効な方法として利用可能なことが示された。

本研究による行動観察の結果から、ハクビシンは糞中エストラジオール 17 β 含量のピーク時に活動割合を増加することが示された。エストラジオール 17 β は卵胞から分泌され、卵胞の発育とともに分泌量が増加する。その後、卵胞から排卵が起こるとエストラジオール 17 β 濃度も減少する。つまり、糞中エストラジオール 17 β 含量がピークを示した日は、排卵日間近であり、ハクビシンはこの時期に活発に活動し、雄と出会う機会を増加させることで、効率よく繁殖を成功させている可能性が考えられた。また、マーキング行動は糞中エストラジオール 17 β 含量ピーク日に比べ、ピーク後の低値日に増加した。マーキングは、自らのなわばりを主張するためや繁殖季節に異性を誘引するためなどに発現するとされている⁵⁵⁾。ハクビシンにおけるマーキングの意義に関してこれまでに論じた研究はないが、ハクビシンの行動圏を調査した研究では、複数の個体が同時期に同じねぐらを利用することや、行動範囲が広範囲で重複することなどから、ハクビシンは他個体に対して排他性の低い動物であるとしている¹⁶⁾。このことを踏まえると、ハクビシンにおけるマーキング行動は、異性を誘引する手段として用いられている可能性が強いと考えられる。しかしながら、本研究では、雌の行動変化のみを観察しており、雌のマーキングによって雄が誘引されるか否かの証明には至っていない。よって、繁殖季節におけるハクビシンのマーキングの意義については雄を対象にした、さらなる研究が必要である。

総合考察

本研究では、ハクビシン被害に対しての適切な管理を検討するため、これまで不明確であった我が国におけるハクビシンの繁殖季節や受胎数、発情周期などの繁殖特性に関する調査を実施した。

第1章では、捕獲個体を用いた調査を実施し、ハクビシンの受胎数が1~4頭で、平均して2.8頭であることを明らかにした。また、胎子の胎齢から妊娠個体の交尾月を算出し、ハクビシンの繁殖季節が1月~9月におよぶことを推定した。また、第2章では、第1章で行った捕獲個体を用いた調査からは知見の得られない、個体レベルでの発情持続期間を調査するため、野生のハクビシンを飼育下に導入し、約2年間におよぶ長期的な実験を実施した。その結果、日本に生息するハクビシンの発情周期が約19日間隔で推移することを明らかにし、台湾産のハクビシンと同様の発情周期を持つことに言及した。一方で、台湾産のハクビシンは周年繁殖を示すのに対し、本研究で用いたハクビシンは10月~1月にかけて発情を停止する傾向があることを示した。この発情休止期間は、第1章で繁殖を休止していると推測した期間とほぼ一致しており、第1章の結果を裏付けるとともに、亜熱帯域である台湾を起源とする説が濃厚な我が国に生息するハクビシンが、日本の気候に順応して繁殖している可能性を提示した。また、発情周期中における行動を調査した結果、ハクビシンは発情周期の段階に応じて、繁殖に有利となる行動変化を示すことが示唆された。

これらの結果をふまえると、季節繁殖動物である多くの日本在来哺乳類に比べ、ハクビシンは長期間の繁殖季節を有することから、日本の気候に順応しつつも、多くの繁殖機会に恵まれている南方系動物としての名残を留めていることが示唆された。この繁殖特性が、日本におけるハクビシンの生息域拡大や、それに伴う被害増加の一因となっている可能性が考えられた。

前述のように、現在、我が国ではハクビシン被害への対策として、個体数管理を第一手段として実施している。個体数管理は、対象種の繁殖季節に集中的に実施することが効果的とされている¹⁶⁾。本研究の結果を踏まえると、ハクビシンの繁殖季節は長期に渡るため、それ

に応じた長期間の捕獲が必要となる。そのため、個体数管理のみによるハクビシン被害対策の実施には、多大な労力と時間がかかるものと考えられ、その効果にも懸念が残る。実際、2005年に1,819頭であったハクビシンの有害捕獲数は、2008年には約2倍の3,463頭に増加しているにもかかわらず、その被害金額は、2005年の1億8,000万円から2008年には3億1,000万円にまで増加している^{23,26)}。

近年、我が国では、鳥獣被害対策として、被害地域周辺環境整備や防除柵などの物理的防除、適切な個体数管理をバランスよく実施する総合的対策が推奨されている。この方策は、繁殖能力が高く、個体数管理が困難とされるイノシシの被害対策としても効果を示している。ハクビシン被害対策を考えた場合にも、現在行われている個体数管理のみでは期待する効果は望めないものと思われる。よって、ハクビシン被害についても、今後は総合的被害対策を取り入れることが必要であると考えられる。

本研究の結果は、ハクビシンの繁殖学的基礎知見に留まらず、我が国におけるハクビシンの被害管理を計画する際の実用的な情報を提供するものとして貢献することが期待される。

要約

ハクビシン (*Paguma larvata*) は食肉目 (ネコ目) ジャコウネコ科に属し、東南アジアや中国南東部、台湾などに生息している。我が国に生息するハクビシンは、海外から持ち込まれた外来種であるという説が有力であるが、2004年に環境省から公布された「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(外来生物法)では、生態系や人の生活に影響を及ぼす可能性のある特定外来生物には指定されていない。日本における本種の生息域は、1940年代には局地的であったが、現在では全国に広がりを見せており、今なお拡大し続けている。生息域の拡大に伴い、近年では、ハクビシンによって引き起こされる農作物被害や生活環境被害が日本各地で問題視されている。ハクビシン被害への対策として、被害地域では比較的捕獲が容易などの理由から、捕獲による個体数管理が第一手段として実施されており、2009年には全国で6,835頭が有害鳥獣として捕獲されている。捕獲による個体数管理は、対象動物の繁殖特性に応じて実施することが推奨されており、繁殖能力の高い動物種では、実施が困難とみなされる場合もある。しかしながら、我が国におけるハクビシンの繁殖特性に関する知見は、これまでにほとんど報告がなく、捕獲による個体数管理の効果が不明なまま実施されている現状がある。そこで本研究では、ハクビシン被害に対しての適切な管理を検討するための基礎知見を得るため、雌ハクビシンを対象に繁殖特性に関する調査を実施した。

第1章では、埼玉県と神奈川県で有害鳥獣として捕獲された成獣雌ハクビシン150頭を対象に、繁殖季節と受胎数について調査を行った。繁殖季節は、妊娠個体から得られた胎子の胎齢から推定した。その結果、ハクビシンは1月～9月にかけて繁殖可能であり、10月～12月にかけては繁殖を休止していることが示唆された。また、胎子数と胎盤痕数から求めた受胎数は1頭～4頭で、平均して 2.8 ± 0.9 頭であり、過去に報告された産子数と同様の結果が得られた。さらに、本調査から、ハクビシンの受胎数を求める指標として胎盤痕の評価が有用であることが示された。

第2章では、捕獲された成獣雌ハクビシン6頭を飼育下におき、個体レベルでの発情周期と発情持続期間を調査した。実験は2009年7月から2011年5月の約2年間継続して実施し

た。発情周期は糞中の性ステロイドホルモン含量の動態により判定した。糞は、隔日採取し、 -20°C で凍結保存した。その後、熱乾燥した糞からメタノール抽出法によりステロイドホルモンを抽出し、酵素免疫測定法により乾燥糞 1 g 当たりのエストラジオール 17β (E_2) 含量を測定した。また、発情評価の補足手段として、外陰部の観察と膣垢検査も並行して隔日実施した。さらに、行動観察についても、上記期間中、隔日実施し、1 日の活動割合と糞採取前夜の 21:00-3:00 における各行動（身繕い、陰部舐め、マーキング、排尿）の頻度 (/h) を記録した。実験の結果、6 頭中 5 頭において糞中エストラジオール 17β 含量に周期的変動が認められ、発情周期は 18.9 ± 1.5 ($n=5$) 日間隔で推移することが示された。発情周期を示した期間は個体により様々であったが、全体として、10 月-1 月には発情を停止している傾向が認められた。この発情停止期間は、第 1 章でハクビシンが繁殖を休止していると推定した期間とほぼ一致しており、第 1 章で得られたハクビシンの繁殖可能期間の妥当性を示すとともに、この繁殖可能期間中に周期的な発情を持続することが明らかとなった。

台湾では、ハクビシンは周年繁殖動物とされている。日本に生息するハクビシンは台湾由来とされているが、本研究の結果から、日本の気候に順応し、環境の厳しい冬期には繁殖を停止しているものと考えられた。しかしながら、1 個体で周年発情が認められたことから、潜在的には周年繁殖が可能な能力を有していることが示唆された。糞中エストラジオール 17β 含量の周期的変動を認めた期間において、外陰部の持続的な腫脹と膣垢検査での角化上皮細胞の増加が認められた。これらは、いずれもエストラジオール 17β に依存した変化であるため、外陰部観察と膣垢検査がハクビシンの発情状況を調査する際に、簡易で有効な方法として利用可能なことが示された。また、発情周期を認めた期間において、糞中エストラジオール 17β 含量が最高値を示した日（高値日）とその後最低値を示した日（低値日）の各行動を比較すると、活動割合が高値日に増加し ($P<0.05$)、マーキングは低値日に増加した ($P<0.05$)。このことから、ハクビシンは雄を誘引する手段としてマーキングを行い、排卵間近に活動を活発にすることで交尾成功に導くという繁殖戦略を有している可能性が示唆された。

本研究の結果により、これまで不明確であった我が国におけるハクビシンの繁殖季節、受胎数、発情周期などの繁殖特性に関する多くの新たな知見が得られた。これらの結果をふまえると、日本に生息するハクビシンの繁殖能力は、日本の気候に順応しつつも、多くの繁殖機会に恵まれている南方系動物としての名残を留めていることが示唆された。この繁殖特性

が、日本におけるハクビシンの急激な生息域拡大の一因となり、それに伴う様々な問題を助長していると考えられた。

このような繁殖能力を有するハクビシンの被害管理を考えた場合、個体数管理のみによる被害防除の効果を期待することは、困難であると考えられる。よって、今後のハクビシン被害管理の方策には、繁殖能力の高い動物種に推奨されている、被害地周辺の環境整備や柵の設置など物理的防除を取り入れた総合的被害対策が必要であると考えられる。

本研究の結果は、ハクビシンの繁殖学的基礎知見に留まらず、我が国におけるハクビシンの被害管理を計画する際の実用的な情報を提供するものとして貢献することが期待される。

謝辞

本研究の遂行にあたり、実験施設を提供していただくのみならず、長期間にわたる懇切丁寧な御指導、御協力を賜りました埼玉県農林総合研究センター・鳥獣害防除担当・担当部長の古谷益朗氏に厚く御礼申し上げます。また、研究期間中、生活面においても様々なご支援賜りました同担当の小川倫史氏、根岸七緒氏ならびに農林部職員の皆様に心より感謝致します。

また、本研究の遂行および本論文の作成にあたり、多大なる御指導、御協力いただきました近畿中国四国農業研究センター・畜産草地・鳥獣害領域・江口祐輔上席研究員に厚く御礼申し上げます。

さらに、本研究の遂行にあたり、主にホルモン分析において多大なる御助言、御指導賜りました岐阜大学大学院・応用生物科学研究科・生産環境科学専攻・生物生産科学コースの楠田哲士助教に厚く御礼申し上げます。

本研究の遂行ならびに本論文の作成にあたり、懇切丁寧な御指導を賜りました麻布大学大学院・獣医学研究科・動物応用科学専攻・動物行動管理学分野の田中智夫教授、植竹勝治教授に深く御礼申し上げます。

また、本論文の御校閲賜りました同研究科・動物応用科学専攻・野生動物学分野の高槻成紀教授に厚く御礼申し上げます。

そして、本研究の遂行に御協力賜りました麻布大学・獣医学部・動物応用科学科・動物行動管理学研究室の諸先輩、後輩の皆様に深く感謝申し上げます。

最後に、研究を行うにあたり、経済的、精神的支えとなってくれた家族、友人に心より感謝致します。

文献

- 1) Nowak, R. M., Walker's Carnivores of the World. pp. 195-196. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London. 2005.
- 2) Torii, H., Food habits of the masked palm civet, *Paguma larvata*. Journal of the Mammalogical Society of Japan, 11: 39-43. 1986.
- 3) 鳥居春己・手塚牧人, 第2章 ハクビシンの糞内容物分析. 静岡県ハクビシン調査報告書: 8-12. 1996.
- 4) 鳥居春己, ハクビシンの食性について (I)-浜北市市街地で採集した糞の内容物分析-. 静岡県林業技術センター研究報告書, 21: 9-15. 1992.
- 5) Wang, H. and Fuller, T. K., Food habits of four sympatric carnivores in southeastern China. Mammalia, 67: 513-519. 2003.
- 6) Roberts, T. J., The mammals of Pakistan. The Jubilee Series edition. pp. 184-187. Oxford University Press. Karachi, Pakistan. 1997.
- 7) Wang, H and Fuller, T. K., Notes on the ecology of sympatric small carnivores in southeastern China. Mammalian Biology, 66: 251-255. 2001.
- 8) Rabinowitz, A. R., Behaviour and movements of sympatric civet species in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand. The Zoological Society of London, 223: 281-298. 1991.
- 9) Harada, M. and Torii, H., Karyological study of the masked palm civet *Paguma larvata* in Japan (Viverridae). Journal of the Mammalogical Society of Japan, 18: 39-42. 1993.
- 10) 北原正宣・肴倉孝明, 頭骨からみた静岡県産と中華民国蘭嶼島産ハクビシン (*Paguma larvata*) の形態的比較について. 東農大農学集報, 39: 213-220. 1995.
- 11) 鳥居春己, ハクビシンの生態と被害防止策. 農林水産技術研究ジャーナル, 28: 30-34. 2005.
- 12) 中村一恵・石原龍雄・坂本堅五・山口佳秀, 神奈川県におけるハクビシンの生息状況と

同種の日本における由来について. 神奈川自然誌資料, 10: 33-41. 1989.

13) 環境省, 特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律.

<http://www.env.go.jp/nature/intro/>, 2011年11月アクセス.

14) 山田文雄, マングース根絶への課題. 哺乳類科学, 46: 99-102. 2006.

15) 阿部豪・青柳正英・的場洋平・佐鹿万里子・車田利夫・高野恭子・池田透・立澤史郎, 北海道におけるアライグマ捕獲のための EggTM Trap の有効性と混獲防止効果の検証. 哺乳類科学, 46: 169-175. 2006.

16) 古谷益朗, ハクビシン・アライグマ おもしろ生態とかしこい防ぎ方. pp. 1-106. 農山漁村文化協会. 東京. 2009.

17) 長野県教育委員会, 長野県天然記念物ハクビシン調査報告書. 1-18. 長野県. 1985.

18) 鈴木欣司, 外来どうぶつミニ図鑑 ③ハクビシン 里山に入り込んだ意外な古顔. 日経サイエンス, 35: 48-50. 2005.

19) 鈴木欣司, 埼玉県に進出したハクビシン. 動物と自然, 15: 30-33. 1985.

20) 池田善英・須藤一成・林哲, 福井県におけるハクビシンの生息状況. Ciconia, 1: 53-56. 1992.

21) 落合啓二・浅田正彦, ハクビシンの千葉市への移入. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告, 7: 17-19. 2002.

22) 農林水産省, 野生鳥獣被害防止マニュアル -ハクビシン-.
http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_manual/h20_03b/pdf/data0.pdf, 2011年11月アクセス.

23) 農林水産省, 参考3 野生動物による農作物被害状況の推移.

http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo/h21/pdf/101224-e.pdf, 2011年11月アクセス.

24) 鳥居春己・大場孝裕, 第3章 ハクビシンの行動域について. 静岡県ハクビシン調査報告書: 13-28. 1996.

25) 松本文人・浜口哲一, 藤沢市で発見されたハクビシンのねぐらについて. 神奈川県自然誌資料, 11: 71-74. 1990.

26) 環境省, 平成20年度鳥獣統計 都道府県知事の許可による捕獲鳥獣数(4) 有害鳥獣捕獲.

<http://www.sizenken.biodic.go.jp/wildbird/flash/toukei/h20/06h20tou.html>, 2011年11月アクセス.

- 27) Jia, Z., Jiang, Z. and Wang, Z., Observation on the behaviors of masked palm civet in reproductive season. *Acta Theriologica Sinica*, 20: 108-115. 2000.
- 28) Jia, Z., Jiang, Z. and Wang, Z., Copulatory behavior in captive masked palm civets, *Paguma larvata*. *Folia Zoologica*, 50: 271-279. 2001.
- 29) Cheng, S. and Wang, Y., The biological study of Formosan gem-faced civet (*Paguma larvata taivana*). *Taipei Zoo Bulletin*, 5: 59-69. 1993.
- 30) Zhang, B., Liu, G. and Liang, F., An experimental study on the masked palm civet reproducing twice a year. *Journal of Economic Animal*, 1: 28-33. 1997.
- 31) Lekagul, B. and McNeely, J. A., *Mammals of Thailand*. pp. 1-758. Sahakarnbhat. Bangkok. 1977.
- 32) Crandall, L. S., *The Management of Wild Mammals in Captivity*. pp. 348-350. The University of Chicago Press. Chicago and London. 1964.
- 33) Liu, S., Fung, H., Liu, B. and Cheng, F., Ovarian cycle of the captive Formosan gem-faced civets (*Paguma larvata taivana*). *Zoo Biology*, 26: 1-11. 2007.
- 34) Chamura, S., Breeding of the masked palm civet. *International Zoo News*, 175: 7-9. 1982.
- 35) Asano, M., Matoba, Y., Ikeda, T., Suzuki, M., Asakawa, M. and Ohtaishi, N., Reproductive characteristic of the feral raccoon (*Procyon lotor*) in Hokkaido, Japan. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 65: 369-373. 2003.
- 36) Ogura, G., Nonaka, Y., Kawashima, Y., Sakashita, M., Nakachi, M. and Oda, S., Relationship between body size and sexual maturation, and seasonal change of reproductive activities in the female feral small asian mongoose on Okinawa island. *Japanese journal of zoo and wildlife medicine*, 6: 7-14. 2001.
- 37) 中西せつ子・羽山伸一, 第6章 飼育下におけるハクビシンの成長、性成熟、出産. 静岡県ハクビシン調査報告書: 33-39. 1996.
- 38) Jemmet, J. E. and Evans, J. M., A survey of sexual behaviour and reproduction of

- female cats. *Journal of Small Animal Practice*, 18: 31-37. 1977.
- 39) Boyd, J. S., The radiographic identification of the various stages of pregnancy in the domestic cat. *Journal of Small Animal Practice*, 12: 501-506. 1971.
- 40) 江口保暢, 動物発生学. 第2版. pp. 65-67. 文永堂出版. 東京. 2004.
- 41) 鈴木正嗣, 野生動物の研究と管理技術. pp. 344-345. 文永堂出版. 東京. 2001.
- 42) Hensel, R. J., Troyer, W. A. and Erickson, A. W., Reproduction in the female brown bear. *Journal of Wildlife Management*, 33: 357-365. 1969.
- 43) Oleyar, C. M. and McGinnes, B. S., Field evaluation of diethylstilbestrol for suppressing reproduction in foxes. *Journal of Wildlife Management*, 38: 101-106. 1974.
- 44) Seki, Y. and Koganezawa, M., Reduced home range in winter but an overall large home range of a male masked palm civet: A study in a high-altitude area of Japan. *Animal Behaviour and Management*, 46(2), 69-76. 2010.
- 45) 新井一仁・浅賀初男・志村宏・岩田倫史, 外来食肉獣類 (ハクビシン) の被害回避技術の開発. 埼玉県農総研中山間営農試験研究成績書, 6-13. 2002.
- 46) Ikeda, H., Development of young and parental care of the raccoon dog *Nyctereutes procyonoides viverrinus* Temminck, in captivity. *Journal of the Mammalogical Society of Japan* 9: 229-236. 1983.
- 47) 金子弥生, 東京都日の出町におけるニホンアナグマ (*Meles meles anakuma*) の生活環. *哺乳類科学*, 41: 53-64. 2001.
- 48) 河内紀浩・山本祐治・今井清, 野生雄ホンドテンにおける精巣サイズ, 血漿テストステロン濃度ならびに行動の周年変化. *哺乳類科学*, 43: 93-98. 2003.
- 49) Torii, H. and Miyake, T., Litter size and sex ratio of the masked palm civet, *Paguma larvata*, in Japan. *Journal of the Mammalogical Society of Japan*, 11: 35-38. 1986.
- 50) Conaway, C. H., Embryo resorption and placental scar formation in the rat. *Journal of Mammalogy*. 36: 516-532. 1955.
- 51) Schwarzenberger, F., Tomasova, K., Holeckova, D., Matern, B. and Mostl, E., Measurement of fecal steroids in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) using

- group-specific enzyme-immunoassays for 20-oxo-pregnanes. *Zoo Biology*, 15:159-171. 1996.
- 52) Masui, M., Species survival plan in captivity. *Journal of Reproduction and Development*, 42: 63-67. 1996.
- 53) Masuda, R., Lin, L. K., Pei, K. J., Chen, Y. J., Chang, S. W., Kaneko, Y., Yamazaki, K., Anezaki, T., Yachimori, S. and Ochida, T., Origin and founder effects on the Japanese masked palm civet *Paguma larvata* (Viverridae, Carnivora), revealed from a comparison with its molecular phylogeography in Taiwan. *Zoological Science* 7: 499-505. 2010.
- 54) 浜名克己・中尾敏彦・津曲茂久, 獣医繁殖学 第3版. pp. 34-35. 文永堂出版. 東京. 2010.
- 55) Johnson, P. R., Scent marking in mammals. *Animal Behaviour*, 21: 521-535. 1973.