

中型食肉目による廃果採食効率の試算：イチゴ果実の場合

小坂井 千夏^{*1}・秦 彩夏^{*1}・佐伯 緑^{*1}・竹内 正彦^{*1}

目 次

I はじめに	15	V 摘要	24
II 方法	16	VI 謝辞	25
III 結果	21	引用文献	25
IV 考察	22	Summary	27

I はじめに

餌付けは意図的・非意図的を問わず、野生動物の行動や生態、分布を変化させ、人間社会と野生動物との間に様々な軋轢を生じさせる（小島 2016）。適切な被害対策を行わず、動物に農作物の利用を許すことは、それが意図的・非意図的であるか、またその作物が出荷されるか否かを問わず、野生動物への餌付けに他ならない。従って、農地全体の防護に加え、放棄、放任作物の適切な処理は鳥獣害対策の基本であるが、果樹や果実的野菜（果菜類の中でイチゴ、スイカ、メロン）の生産で、摘果、落果、規格外等の理由から廃棄される果実（以下、廃果とする）は、可販果ではないこと等から対策の優先度は低く、農地周辺に大量に放置される場合も多い。野猿公苑等のニホンザル（*Macaca fuscata*）餌付け群では栄養状態が良く、その結果として個体数が増加することが報告されている（白井 2016）。廃果を容易に利用できる状態とする非意図的な餌付けであっても、可販果への食害の誘引要因となり、さらに質・量ともに良好な餌として野生動物の栄養状態を好転させ、その結果として個体数の増加につながる可能性がある。しかし、野生動物による廃果の利用実態を調べた研究はごくわずかで（石川 2017）、廃果が利用個体の栄養状態や生存率等を通じてどの様に個

体群動態に影響するかは分かっていない。

日本に生息する、食肉目に属する中型サイズの哺乳類（以下、中型食肉目とする）の多くは雑食性であるが、とりわけ「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト」（環境省 2015）で「緊急対策外来種」に指定されるアライグマ（*Procyon lotor*）、「重点対策外来種」に指定されるハクビシン（*Paguma larvata*）は、果実が主な採食物の1つである（高槻ら 2014、關ら 2015）。アライグマは外来生物法において「特定外来生物」に指定され、地域からの排除が目標とされている（環境省 2016）。特にこれら外来種については、農作物や廃果の利用実態と個体群への影響を定量的に明らかにする必要がある。果実を好むニホンアナグマ（*Meles anakuma*）（以下、アナグマとする）、タヌキ（*Nyctereutes procyonoides*）、ニホンテン（*Martes melampus*）等の在来中型食肉目においても、農業被害を増大させている可能性がある廃果の利用実態の把握が重要である。

野生動物が1日に必要なエネルギー量をより短時間で食物から獲得できれば、効率よく体重を増やせる、幼獣ではより多くのエネルギーを成長に投資できる等、個体の生存や繁殖に有利に働くと考えられ

る。従って、廃果採食時の「単位時間当たりのエネルギー摂取量（採食効率、例えばkJ/分）」を算出し、エネルギー収支の面から廃果の餌としての価値を定量評価することは、さらなる廃果対策の必要性の議論や、対策普及において鍵となる。そこで本研究では、自動撮影カメラを用いて、廃果場の哺乳類による利用頻度を明らかにするとともに、廃果利用時の中型食肉目の採食効率を算出し、1日のエネルギー収支、すなわち1日に必要なエネルギー量を廃果利用時にどの程度の時間で獲得できるか試算することを目的とした。

なお、中型食肉目が1粒全体を口内に取り込むことができる小さな果実（以下、小型栽培果実とする）と、1粒全体を口内に取り込めない大きな果実（以下、大型栽培果実とする）とでは、果実の採食様式の特徴は異なると考えられる。カキやリンゴの様な大型栽培果実では、1回のバイト（bite、噛む動作）

でどの程度の果肉を動物が齧りとれるか（バイトサイズ）について自動撮影カメラの映像からの判別は難しいため、あらかじめ給餌実験等でバイトサイズを把握してから採食効率を算出する必要がある。一方で小型栽培果実の場合は、自動撮影カメラの映像のみでバイトサイズの判別が可能である。そこで本研究では、小型栽培果実の廃果の採食効率の試算を行うこととした。小型栽培果実としては、全国の作付面積が5,450ha、収穫量が15.87万t、産出額が1,700億円（農林水産省、平成27年野菜生産出荷統計・生産農業所得統計）で、果実の産出額では1位、農産物の全体の中でも8位と大きな市場規模を持つイチゴを対象とした。イチゴは冬～春期が中心ではあるものの、夏秋期も含めて周年生産され、外来中型食肉目（アライグマ、ハクビシン）による被害が問題になっている（農林水産省2008, 2010）。

II 方 法

1. 対象とした中型食肉目と小型栽培果実

本研究では、日本に生息する陸生食肉目の中で体重がおおむね1kg以上でクマ科を除いた種を「中型食肉目」とし（表1）、中型食肉目の開口サイズよりも果実長（果頂部から果底部までの長さ）が短いものを「小型栽培果実」とした。哺乳類の和名及び学名はOhdachiら（2015）に準拠したが、一部で略称を用いた。

中型食肉目の開口サイズの計測は、ミュージアムパーク茨城県自然博物館に収蔵されているアライグマ、ハクビシン、タヌキ、アカギツネ（*Vulpes vulpes*）、アナグマ、ニホンテンを対象として実施した（表1）。開口角度は、Emersonら（1980）を参考に、上・下顎の切歯先端が接する点と顎関節を結んだ直線を0°とし、そこから下顎を下方に開いた角度を分度器で計測した。多くの食肉目で最大の開口角度となる65°（Christiansenら2005）に頭骨標本を固定し、この際の歯列間の最大距離となる上顎と下顎の切歯間の距離を「開口サイズ」としてデジタルノギス（ミットヨ、NTD12P-15PMX）で計測

した。イタチ科の開口サイズが対象とした中型食肉目の中で最も小さく、最小はニホンテン（オス2個体、 48.8 ± 10.0 mm）、次いでアナグマ（オス1個体、53.4mm）であった（表1）。

イチゴは、品種や同一品種でも着果順位等によりそのサイズが大きく異なる（農山漁村文化協会編2004）。収穫、選果時に廃果として選別される果実も、腐敗果、生傷果、規格外、病害虫果、鳥獣による被害果で、特定のサイズに大きく偏って発生することはないと考えられる。文献から確認できる主要品種の平均的な果重の場合の果実長は‘とちおとめ’で 31.3 ± 2.4 mm（果重17～18gの場合、番ら2005）、‘紅ほっぺ’で 41.9 ± 8.5 mm（果重 20.3 ± 10.3 gの場合、坪田ら2016）、‘さがほのか’で 42.3 ± 2.5 mm（果重13gの場合、山本ら2015）と、いずれの品種の果実長も中型食肉目の中で最も小さいイタチ科の開口サイズ（48.8～53.4mm）より小さいことから、イチゴを小型栽培果実として扱った。

2. 野 外 調 査

茨城県石岡市の生産農家及びつくば市の農業法人

表1 本研究の対象とした中型食肉目

分類・学名	和名	外来種	体重 (kg)		切歯間距離の平均±SD (mm)			
			オス	メス	オス	n	メス	n
CANIVORA 食肉目								
Viverridae ジャコウネコ科								
<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン	○	1.9-5.2	1.2-5.5	77.4±2.4	4	80.5±5.6	3
Canidae イヌ科								
<i>Nyctereutes procyonoides</i>	タヌキ		2.5-7.0	2.5-6.3	94.9±1.8	4	93.8±2.5	4
<i>Vulpes vulpes</i>	アカギツネ		4.0-6.6	1.9-6.1	na		63.3	1
Mustelidae イタチ科								
<i>Meles anakuma</i>	ニホンアナグマ		5.0-11.2	3.6-9.2	53.4	1	na	
<i>Martes melampus</i>	ニホンテン		0.9-1.8	0.9-1.1	48.8±10.0	2	na	
Procyonidae アライグマ科								
<i>Procyon lotor</i>	アライグマ	○	4.1-11.2	3.5-10.2	83.2±10.3	4	81.4±6.7	3

体重は阿部 (2007), Ohdachi ら (2015), 關ら (2015) から引用. naは計測できる標本がなかった性を示す. 切歯間距離を計測したミュージアムパーク茨城県自然博物館の標本番号 (ハクビシン: INM-7569, 31352, 31375, 47896, 48051, 48288, 48248, 43619, タヌキ: INM-7573, 48047, 48073, 48078, 48194, 41885, 41921, 37725, アカギツネ: INM-8945, ニホンアナグマ: INM-8076, ニホンテン: INM-8077, 8939, アライグマ: INM-48172, 49325, 49357, 1048167, 1048171, 1048173, 1049319, 1049322).

各1軒のイチゴ廃果場で調査を行った. 廃果は石岡市ではビニールハウスから150m離れた畑, つくば市では大型の鉄骨ハウスから10m程の距離にある藪に, 地表面にそのまま放置されていた (図1). 廃果場から, まとまった林地までの距離はいずれの調査地でも数10mであった. 石岡市は筑波山地の麓の集落 (標高44m), つくば市は工場, 研究所, 住宅, 水田, 畑, ゴルフ場がモザイク状にある地域 (標高28m) であった. 各廃果場につき, 動物の動きを赤外線センサーで検知して撮影を開始する自動撮影カメラを1台 (石岡市: LTL Acorn社 Ltd 6210, つくば市: ジーアイサプライ社 TREL 10J-D), 廃果から40~50cm程度離れた上で三脚に固定して設置した.

最初に調査を実施した石岡市では, 電池の消耗を出来る限り抑え長期間の記録を行うために, 静止画3枚を撮影した後に動画を30秒間, 1回の撮影終了後に赤外線センサーの稼働を止める期間 (以下, センサーインターバルとする) を1分間の設定としたが, 中型食肉目は30秒間以上廃果場に滞在することが多かった. 従って, つくば市の調査では, 廃果の採食行動をより連続して撮影するために動画のみを60秒間, センサーインターバルを0秒間に設定した. この撮影の設定で, つくば市では32GBの

SDカードの容量が一昼夜で一杯となり, カメラ稼働期間が短くなった. なお, TREL 10J-Dでは電池の消耗が進むと動画が数秒間ずつしか記録されない場合があるが, 今回は該当する撮影はなかった.

カメラの稼働期間 (カメラナイト, CNとする) は, 石岡市で2016年5月16日~6月5日 (20CN), つくば市で2017年3月24~25日及び4月6~7日 (2CN) であった. 廃果量は, 石岡市では調査初日の5月16日に5kg程度, 5月26日と6月1日に0.5~1kg程度であったが, それぞれ5月20日朝, 28日朝, 6月3日昼には原形を留める廃果が無くなっていた. 従って, 原形を留めた廃果があるカメラの稼働期間 (以下, 廃果残存期間) は8CN (5月16~20日, 26~28日, 6月1~3日) であった. つくば市では全てのカメラ稼働期間 (2CN) で, 常に5kg以上の廃果がある状態であった. 調査期間終了後に廃果が残っている場合には, 動物に利用されないよう処理した.

3. 撮影頻度

廃果場において撮影された哺乳類を全て記録した. 中型食肉目以外の哺乳類については一部の解析で対象としたが, 昼間に多く撮影された鳥類は本研



図1 イチゴ廃果場で撮影された哺乳類

a. ハクビシン b. アライグマ c. 二ホンアナグマ d. タヌキ e. 二ホンノウサギ
ハクビシンについては、尻尾の特徴からa-2とa-3は別個体と判断できた。

究の対象としなかった。哺乳類の撮影頻度について、各動物種の延べ撮影頭数をカメラの稼働日数(CN)で割り、さらに100を乗じたRAI(Relative Abundance Index)として求めた。延べ撮影頭数は、自動撮影カメラを使用して行われる哺乳類の生息調査に関する既存研究(例えば、O'Brien ら 2003, Yasuda 2004)で使用、推奨される基準と統一するために、同一種の動画の撮影間隔(最初の撮影開始から次の撮影開始までの時間)が30分以内である場合は、体格、体毛の配色、尻尾の特徴等から明らかに別個体と考えられる場合(図1)を除いて撮影頭数を1頭とした。石岡市のデータでは、カメラの稼働日数の全期間を含めた場合の20CNと、廃果残存期間のみに絞った2CNの2パターンで撮影頻度を算出した。

4. 採食行動の定義

廃果場では一晩の間に、複数の動物種や同一種でも複数個体が頻繁に入れ替わり撮影されていると考えられた。特にハクビシンでは、体格、体毛の配色、尻尾の特徴から明らかに別個体と判断できる場合があり、異なる2個体が撮影された最短の間隔は7分間であった。尻尾の形状等の体格の特徴が動画から完全に確認できない撮影も多いため、RAIの算出と同様に30分以内の連続した撮影を1頭分のデータとして扱うと、異なる個体のデータが混在する可能性が高かった。従って、採食効率の解析では同一種の動画の撮影間隔が5分以内のものを1回の「採食イベント」として扱った。タヌキで複数個体が同時に撮影されている場合は、体毛の配色等から可能な限りの個体識別をした上で、個体毎に別の採食イベントとして扱った。大小の個体が同時に撮影され親子と考えられる場合、明らかに体格が小さいその年生まれの幼獣(当歳子)と分かる場合は齢クラスを区別して記録することとしたが、該当する撮影はなかった。映像からは成獣と亜成獣の判別は困難であったため、区別せずに記録した。

本研究における「バイト」は、「一度に1果実全体を口内に取り込む、或いは果肉を噛みちぎって口内に取り込む行動」と定義した。従って、果実を口内に取り込んだ後に飲み込むまでに行う咀嚼行動はバイトとして扱っていない。廃果の採食数について、1バイトで1果実全体を取り込んだ場合は1個、1バイトで1果実の約半分しか齧りとらなかった場合

や咀嚼後に1果実の約半分の大きさの塊を吐き出した場合は0.5個とした。咀嚼後にヘタ等の小さな破片を吐き出した場合は1個のままとし、一度口内に取り込んだ廃果を咀嚼せずにすぐに吐き出した場合は採食廃果数には計上しなかった。

5. 採食効率

1回の採食イベントにおいて、中型食肉目の口元が明瞭に撮影され、上記の様に1バイト当たりの廃果の採食部位の大きさが判別できる撮影時間の合計を「廃果の採食数が確認できる総撮影時間(T)」とし、Tが30秒間以上ある採食イベントのみを以降の解析の対象とした。まず、1回の採食イベントでTに該当する時間中における廃果採食数の合計を「1採食イベントにおける総採食廃果数(Fn)」とし、Fn及びTを用いて「単位時間当たりの採食廃果数(Fnt)」を採食イベント毎に求めた(式1)。なお、Fntは1採食イベントを単位として計算を行うため、自動撮影カメラの撮影時間等の設定が調査地間で異なることによる影響はない。

$$Fnt(\text{個/分}) = Fn(\text{個}) \div T(\text{秒}) \times 60(\text{秒}) \cdots (1)$$

次に、式1で求めたFntに「廃果1個当たりの果重(Fw)」と「廃果の代謝エネルギー含量(Fme)」を乗じて、採食イベント毎に「廃果利用時における単位時間当たりの摂取エネルギー量(Fe)(採食効率)」を算出した(式2)。

$$Fe(\text{kJ/分}) = Fnt(\text{個/分}) \times Fw(\text{g}) \times Fme(\text{kJ/g}) \cdots (2)$$

式2のFwについて、調査対象とした廃果には複数の品種が含まれ、前述の様にその果重は様々であったが、果実長が中型食肉目の開口サイズを上回ると考えられる極大果となる品種はなかった。また、撮影された映像から、中型食肉目が廃果場にあるイチゴの中でいずれかのサイズに偏って採食していた積極的な証拠は見いだせなかったことから、'とちおとめ'の平均果重である15g(農山漁村文化協会編 2004)程度、或いは平均以下のイチゴが廃果場にある状況を想定することとした。具体的には、平均的なサイズである果重15gのイチゴのみが廃果場

にある状況（想定した中で最もFeが高くなる）、出荷規格の中で最も小さいB級品の基準となる果重6g（茨城県 2015）のイチゴのみが廃果場にある状況（想定した中で最もFeが低くなる）の2通りの値をFwに代入した。

Fmeについて、動物は採食した食物の総エネルギー量の全てを体の維持や活動に利用できるわけではない。総エネルギーから糞や尿中に含まれて動物の体外へ排泄されるエネルギーを差し引いた代謝エネルギー（metabolizable energy）を、食物が持つ動物が利用可能なエネルギー量として考える必要がある。この代謝エネルギー量は動物種毎の消化能力や食物の栄養成分の構成で変化するが、中型食肉目が果実を採食している場合の正確な値は知られておらず容易に測定もできない。そこで、Claussら（2010）によって食肉目全般によく当てはまることが示されている、犬猫用の代謝エネルギー含量の換算式（National Research Council 2006）を用いて、食物1g当たりの代謝エネルギー含量をたんぱく質16.7kJ/g、脂質37.7kJ/g、炭水化物16.7kJ/gとした。この値に、日本食品標準成分表2015年版（七訂）（http://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/1365297.htm, 2018/2/28最終確認）の「いちご（生）100g」における各栄養成分の含有量を乗じて、イチゴ100gに含まれる代謝エネルギー量を、たんぱく質15.03kJ（= 16.7kJ/g × 0.9g/100g）、脂質3.77kJ（= 37.7kJ/g × 0.1g/100g）、炭水化物141.95kJ（= 16.7kJ/g × 8.5g/100g）を合計した160.75kJとした。Fmeはこの値を1gに当りに換算した1.6075kJ/gを用いた。

6. エネルギー収支

1日の活動に必要なエネルギー量のうち生命維持に最低限必要なエネルギー量は基礎代謝量であるが、野生個体が屋外での生活（体温維持、歩行、採食、繁殖、成長等）で消費する様々なエネルギー量も含んだフィールド代謝量（field metabolic rate）が提案されている（Nagy 1987, 2005）。本研究でも、Nagy（2005）で示されている哺乳類の体重（Bw, 単位g）を用いた換算式 $Fmr(kJ) = 4.82 \times Bw^{0.734}$ を用いて、「1日に必要なエネルギー量（Fmr）」を算出した。体重は既存研究（阿部 2007, Ohdachiら 2015, 關ら 2015）から各性の中央値を求めて用いた。

各性のFmrをFeで除することで、当該の採食イベントにおける採食効率（Fe）でイチゴ廃果を食べ続けた場合に「1日に必要なエネルギー量の獲得にかかる時間（FT）」を、オスとメスを想定したそれぞれの場合で算出した（式3）。

$$FT(\text{分}) = Fmr(kJ) \div Fe(kJ/\text{分}) \cdots (3)$$

7. その他廃果採食行動の特徴

上記の他に廃果の採食行動の特徴の指標となる数値を算出した。まず、式1で求めた単位時間当たりの採食廃果数（Fnt）（個/分）の他に、動物種毎の果実の口内への取り込み様式の特徴を示す「1バイト当たりの採食廃果数（個/バイト）」を、1採食イベントにおける総採食廃果数（Fn）を「1採食イベントにおける合計バイト数」で割って求めた。この解析においては、採食効率の試算と同様にTが30秒間以上ある採食イベントのみを対象とした。

次に「廃果場における1回の滞在の長さ（秒）」について、調査地間のカメラの設定の違いによる影響を出来る限り減らすために、1採食イベントを構成する最初の動画の開始時刻から最後の動画の開始時刻までの時間で求めた。1採食イベントが1回の撮影のみで構成される場合は、調査地間のカメラの設定の違いを考慮して石岡市、つくば市いずれの場合も30秒間とした。石岡市のデータで、採食イベントの最後の撮影が静止画のみだった場合には静止画の撮影時刻を代用した。この解析においては、口元が明瞭に撮影されておらずTに計上されない時間や撮影も含めた。

以下では、各指標の代表値は中央値を用いて示した。動物種間の値について比較する場合には、データの分布を正規分布に近づけるために統計ソフトJMP（ver.14, SAS Institute Inc.）を用いてBox-Cox変換した後に、Tukey-Kramer HSD法を用いて多重比較を行った。なお、「多重比較法を適用するときは、その手順の中に示されていない限りはF検定による一元分散分析を併用すべきでない（永田ら 1997）」ことを踏まえ、多重比較法は単独で実施した。P ≤ 0.05である場合に統計学的な有意差があるとみなした。

III 結 果

石岡市のイチゴ廃果場では、ハクビシン、アナグマ、タヌキに加え、兎形目ニホンノウサギ (*Lepus brachyurus*) (以下、ノウサギ) の撮影があり、撮影数、RAI、採食イベント数のいずれにおいてもハクビシンの値が最も多く、いずれの動物種も廃果残存期間の撮影が多かった (表2)。つくば市のイチゴ廃果場では、アライグマ、タヌキの撮影があり、撮影数はアライグマがタヌキよりも多かったが、RAI、採食イベント数はタヌキがアライグマより多かった (表2)。両調査地で撮影があった種はタヌキのみであり、調査地の違いによる採食効率の違いを現時点では検証できないため、以降の解析においては2つの調査地のデータをまとめて用いた。

単位時間当たりの採食廃果数 (Fnt) はハクビシンの6.0個/分が最も多く、アライグマの3.8個/分が最も少なく、アライグマとハクビシンとの間にのみ有意差が認められた ($P=0.05$, 表3)。従って、採食効率 (Fe) が最も高かったのは、果重15gのイ

チゴが廃果場にあることを想定したハクビシンで、1分間あたりに144.7kJを獲得できると推定された (表3)。一方で最も低い採食効率となったのは、果重6gのイチゴが廃果場にあることを想定したアライグマの値で36.2kJ/分であった (表3)。1日に必要なエネルギー量の獲得にかかる時間 (FT) についても、果重15gを想定したハクビシンの場合が最も短く、メスで12.9分、オスで13.4分であった (表3)。同様に、最も1日の必要エネルギー量獲得に時間がかかる果重6gを想定したアライグマでは、メスでは87.1分、オスでは94.5分であった (表3)。

1バイト当たりの採食廃果数は、アライグマがタヌキよりも有意に少なかった ($P=0.02$, 表4)。廃果場における1採食イベント (1回の訪問) における滞在時間は、アライグマがアナグマ ($P=0.01$)、タヌキ ($P=0.02$) 及びノウサギ ($P<0.001$) よりも有意に長く、ハクビシンがノウサギ ($P=0.05$) よりも有意に長かった (表4)。

表2. イチゴ廃果場において自動撮影カメラで撮影された哺乳類の撮影数、頭数、頻度 (RAI)、採食イベントの回数及び頻度

動物種	石岡市							つくば市					
	期間	CN	撮影数	撮影頭数	RAI	採食イベント		CN	撮影数	撮影頭数	RAI	採食イベント	
						回数	頻度					回数	頻度
アライグマ	全期間				na			2	23	3	150.0	3	1.50
ハクビシン	全期間	20	141	37	185.0	43	2.2				na		
	うち廃果残存期間	8	140	36	450.0	42	5.3						
アナグマ	全期間	20	23	11	55.0	10	0.5				na		
	うち廃果残存期間	8	19	6	75.0	7	0.9						
タヌキ	全期間	20	11	3	15.0	4	0.2	2	10	5	250.0	5	2.50
	うち廃果残存期間	8	10	2	25.0	3	0.4						
中型食肉目 (種不明)	全期間	20	1	1	5.0	1	0.1				na		
	うち廃果残存期間	8	1	1	12.5	1	0.1						
ノウサギ	全期間	20	5	4	20.0	4	0.2				na		
	うち廃果残存期間	8	5	4	50.0	4	0.5						

CNは自動撮影カメラの稼働日数。撮影数は撮影の総数。撮影頭数は30分以内に撮影された同一種を、体格等から明らかに別個体と考えられる場合を除いて1頭として扱った場合の延べ頭数。RAI (撮影頻度) は撮影頭数をCNで割り、さらに100を乗じた値。採食イベントの回数は、同一種の撮影間隔が5分以内のものを1回の採食イベントとした場合の合計イベント数。採食イベントの頻度は採食イベントの回数をCNで除したもの。naは撮影が無かった種。つくば市の調査地では、調査期間全体を通して廃果が残存していた。

表 3. 中型食肉目におけるイチゴ廃果利用時の採食効率及び 1 日に必要なエネルギー量の獲得にかかる時間

動物種	1日に必要なエネルギー量 と想定した体重		採食イベ ント数	採食廃果数 (個/分)	多重比較 ¹⁾	採食効率 (kJ/分)		1日に必要なエネルギー量の 獲得にかかる時間 (分)			
	メス	オス				15g	6g	15 g		6 g	
								メス	オス	メス	オス
アライグマ	3151.0kJ 6850g	3417.1kJ 7650g	3	3.8 (2.8-4.1)	a	90.4 (67.5-98.3)	36.2 (27.0-39.3)	34.8 (32.0-46.7)	37.8 (34.8-50.6)	87.1 (80.1-116.7)	94.5 (86.9-126.6)
ハクビシン	1861.9kJ 3345g	1938.9kJ 3535g	31	6.0 (5.3-7.3)	b	144.7 (128.2-175.4)	57.9 (51.3-70.1)	12.9 (10.6-14.5)	13.4 (11.1-15.1)	32.2 (26.5-36.3)	33.5 (27.6-37.8)
アナグマ	2997.7kJ 6400g	3563.5kJ 8100g	5	4.7 (3.8-5.1)	ab	114.2 (90.4-122.4)	45.7 (36.2-49.0)	26.2 (24.5-33.3)	31.2 (29.1-39.6)	65.6 (61.2-83.2)	78.0 (72.8-99.0)
タヌキ	2276.9kJ 4400g	2408.5kJ 4750g	6	4.4 (2.9-6.5)	ab	105.9 (70.7-156.7)	42.4 (28.3-62.7)	21.6 (14.8-36.2)	22.8 (15.6-38.3)	53.9 (36.9-90.5)	57.1 (39.0-95.7)

1 日に必要なエネルギー量と想定した体重及び採食イベント数のカラムを除いて、上段の値は中央値、下段の括弧内は第一～第三四分位の範囲を示す。「15g」は果重15g、「6g」は果重6gの廃果のみが廃果場にあることを想定した場合を示す。

1) 単位時間当たりの採食廃果数 (個/分) について Box-cox 変換後に Tukey-Kramer 法を用いた多重比較を行った結果、異符号間で有意差が認められた。

表 4. イチゴ廃果場における中型食肉目の 1 バイト当たりの採食廃果数及び 1 採食イベント当たりの滞在時間

動物種	1バイト当たりの採食廃果数 (個/バイト)				滞在時間 (秒)			
	中央値	第一～第三四分位	多重比較 ¹⁾	採食 イベント数	中央値	第一～第三四分位	多重比較 ¹⁾	採食 イベント数
アライグマ	0.82	0.7-0.9	a	3	544.0	398.-582.0	a	3
ハクビシン	1.00	0.9-1.0	ab	31	193.0	97.5-303.5	ab	42
アナグマ	0.92	0.9-1.0	ab	5	95.0	30.0-192.5	bc	10
タヌキ	1.00	1.0-1.0	b	6	94.0	30.0-248.0	bc	9
ノウサギ	1.00	-	-	1	30.0	30.0-115.5	c	4

1 バイト当たりの採食廃果数については、ノウサギ (n=1) を除いた 4 種を対象に検定を実施した。

1) Box-cox 変換後に Tukey-Kramer 法を用いた多重比較を行った結果、異符号間で有意差が認められた。

IV 考 察

1. 中型食肉目の餌としてのイチゴ廃果の価値

本研究の結果、短い調査期間にも関わらず、いずれの調査地においても中型食肉目が頻繁にイチゴ廃果場を利用していた (表 2)。廃果場が果樹圃場やハウスの近隣に存在すれば、圃場やハウス内に侵入されるリスクも高まる。実際に、調査を行ったつくば市の大型の鉄骨ハウスでは、ハウスから 10m 程の藪が廃果場となっていたが、ハウスの排気筒の差込部分等の外周のビニールの隙間からアライグマとハクビシンが高頻度に出入りし、可販果への食害も発生していたことが、自動撮影カメラによる調査から確かめられている (小坂井 未発表)。また、静岡県のみかん圃場内の廃果場には 12 月の収穫期の後

も 4 月頃まで貯蔵中に傷んだ果実が定期的に捨てられて、イノシシの他にハクビシン、イヌ等の中型食肉目が多く利用していることが報告されている (石川 2017)。リンゴでは、摘果や価格調整のための廃果が約 50 × 30m、深さ 2 ～ 3m の巨大な廃果場に捨てられ、ニホンザルが 1 年中利用しているとの報告がある (森光 2002)。イチゴ以外の様々な栽培果実の廃果場も野生動物を誘引している可能性が高い。

上記の結果に加え本研究では、廃果の餌としての価値をエネルギーの獲得効率の面から初めて評価し、動物にとって廃果場が非常に採食効率の良い餌場となっていることを、科学的な根拠と共に示した。自動撮影カメラの映像から算出したイチ

ゴ廃果場での採食効率を基に1日に必要なエネルギー量の獲得にかかる時間を計算すると、今回対象とした中型食肉目アライグマ、ハクビシン、アナグマ、タヌキの中での最短はハクビシン（果重15gを想定）でわずか約13分間、最長のアライグマのオス（果重6gを想定）でも約95分間であった。本研究で対象とした外来種の原産地での1日の活動率は、タイの国立公園におけるハクビシンで1日12時間（活動率50%）（Rabinowitz 1991）、ミネソタの森林（草原含む）におけるアライグマにおいて1日8～13時間（Schneiderら1971）との報告がある。単独性の食肉目は1日の活動時間の多くの時間を、移動を伴いながらの探餌と採餌に当てていると考えられる。一方、廃果場での採食の場合には、自動撮影カメラの視野の範囲、すなわち移動をほとんどせずに、野生果実よりも大きな果実を次々に口内に取り込むことができる。原産地における活動時間を12時間として比較すると、廃果場を利用する個体は最も採食効率が高かったハクビシンは原産地のわずか1.8%、最も採食効率が低いアライグマでも原産地の13.2%と非常に短い時間で1日に必要なエネルギー量を獲得できる計算となる。

本研究の結果のみでは、廃果を含めたイチゴ果実の利用が中型食肉目の栄養状態や個体数の増加率に与える影響の直接的な評価は出来ない。また、エネルギー量以外にも、1日に必要とするタンパク質量やその他の栄養素があることから、長期間にわたってイチゴのみを食べ続けることはできないと考えられる。しかし、イチゴの主要品種の収穫期間である11～5月は多くの野生動物にとって餌が乏しい時期と考えられ、さらに春先は出産する種が多い。イチゴの廃果場は、その様な時期に、エネルギーの獲得効率の高い餌が頻繁に供給される場所となっている。ニホンザル餌付け群で示されている様な栄養状態の好転や個体数の増加（白井2016）、アナグマの餌付け個体で非餌付け個体よりも体重が大きく栄養状態が常に良いと考えられること（金子ら2005）を踏まえれば、採食効率の良い廃果が外来中型食肉目の個体数の増加に寄与する可

能性は高い。ただし、飼育タヌキにおいて体重と繁殖との関係を調べた研究では、産子数、繁殖成功率共に中程度の大きさの個体（体重5～7kg）の値が最も高いものの、大きな個体（体重7～9, 9～11kg）では低下することが示されている（Asikainenら2002）ことから、実際に廃果利用が外来中型食肉目の個体群動態に与える影響を明らかにするには、廃果場と他地域での子連れ率の調査や捕獲個体を用いた妊娠率、初産齢等の調査が必要である。

2. 動物種により採食効率が異なる理由

最も差の大きかったハクビシンとアライグマの1分間当たりの採食廃果数（Fnt）には2.2個の差があり（表3）、1バイト当たりの採食廃果数はアライグマが他種（特にタヌキ）よりも少ない傾向があった（表4）。これは、アライグマが他の多くの食肉目の動物と比較して器用に前肢を動かせること（Iwaniukら1999, 2000）や、前肢の指球（digital pad）の機械的受容体が発達して触覚が優れている（Yasuiら2008）等により、他の種とは果実の採食様式が異なることが要因と考えられた。

アライグマは、イチゴ廃果場において、両前肢で廃果の山をかき分けながら時間をかけて果実を選別した後、両前肢で果実をしっかりと把握して持ち上げた状態で採食していた。1バイトで1つの果実全体を吻端（切歯）方向から口内に取り込む場合もあったが、頭部を傾けて頬（臼歯）方向から果頂部（ヘタと反対の部分）のみを齧りとり、残りの部分は捨てる場合が多いことで、1バイト当たりの採食廃果数の中央値が0.8個と他種よりも少なく、採食効率が低下していた。一方で、ハクビシンやアナグマは果実の探索には前肢を使わず、ある程度の咀嚼後に果実の約半分の塊を吐き出す、或いはヘタ部分と思われる小さな破片を吐き出す動作があったが、吻端方向から一度はイチゴ果実全体を口に含めていた。タヌキは全ての観察において1バイトで1果実全体を口内に取り込み咀嚼後にヘタ等を吐き出す行動がなかった。こうした前

肢の器用さ等に起因する採食様式の違いに加え、動物種間の体重の違いが1日に必要なエネルギー量の獲得にかかる時間の差となっていた。なお、アライグマが選択的に食べていたと考えられる果頂部は果底部よりも糖度が高く（北川1973）、果頂部のみを食べた場合のエネルギー量（Fme）は、果実の採食部位を問わず一律としている今回の値よりも高い可能性がある。また、動物園の飼育アライグマ（オス）1頭に平均果重6gの果実を15個与えたところ、いずれも1バイトで1果実を採食していた（小坂井未発表）。従って、採食部位の選択や、小さな果重のイチゴが廃果場にある場合には果頂部を齧りとることなく食べることで、実際の採食効率は本研究の試算よりも高い可能性がある。ただし、この様に過小評価である可能性がある果重6gのイチゴが廃果場にあることを想定したアライグマの場合であっても、前述の様に原産地における13.2%の時間で1日に必要なエネルギー量を獲得できると考えられ、廃果の採食効率の高さは明らかである。

調査期間が限られることもあり、廃果場における動物種間の競合関係について本研究では扱わなかった。ただし、動物死体を利用するスカベンジャー種間の競合関係が数多く報告されている（例えばOlsonら2012）。アライグマの廃果場での1回の訪問（採食イベント）当たりの滞在時間が他種よりも長い傾向があることは、他種と比較して低い採食効率を、滞在時間を長くすることで補っている可能性もあるが、他種よりも優位に廃果場を利用できてい

る可能性も考えられる。ハクビシンについても、在来種よりも廃果場での撮影頻度が高かったことは、廃果を巡る種間の競合関係がある可能性がある。外来種と在来種の競合関係については、十分な調査期間を取っての検証が必要である。ただし、仮に競合関係があったとしても、外来種、在来種を問わず、1つの廃果場が複数の動物種にとって良質な食物の供給源となっている可能性は高い。

3. 外来種の被害対策にむけて

これまでも行政の鳥獣被害対策に関する計画やパンフレット等において、廃果の適切な処理の必要性が述べられてきた。それにも関わらず実際の対策が進んでいない要因は、多忙な収穫期に廃果を対象とした利用防止対策を実行することの優先度の低さや、この優先度の低さに見合った対策方法が提示されていないことだと考えられる。しかしながら本研究から、利用防止対策のなされない廃果場が、いずれの中型食肉目にとっても、採食効率の高い餌場となっていることが科学的根拠を伴った具体的な数値で明らかとなった。このまま外来種の生息地域の拡大や個体数の増加が進めば、生態系への影響のみならず、農業被害も増加する可能性がある。個体数管理及び可販果に対する被害対策の実施と合わせ、多忙な収穫期であっても実行可能な廃果の利用防止対策技術を開発し、本研究で分かった廃果対策の重要性を普及させていく必要がある。

V 摘要

果樹廃果の中型食肉目（アライグマ、ハクビシン、アナグマ、タヌキ）の餌としての価値を評価するために、自動撮影カメラを用いて廃果場におけるエネルギーの獲得効率を調査した。小型栽培果実として日本国内で大きな生産規模を持つイチゴの廃果を対象とした。採食効率が最も高かったハクビシンでは1分間に6.0個程度の廃果を食べ、果重15gのイチゴが廃果場にある場合を想定すると約13分間で1日に必要なエネルギー量を獲得できる計算となった。最も採食効率の低かったアライグマでは1分

間に3.8個程度の廃果を食べ、果重6gのイチゴが廃果場にあることを想定した場合では約95分間で1日の必要エネルギー量を獲得できる計算となった。これらの値はハクビシン、アライグマの原産地の森林地帯における1日の活動時間のわずか1.8～13.2%であり、廃果場がエネルギーの獲得効率の高い餌場となっていることが示された。鳥獣害の防止や外来種の根絶に向け、廃果の利用防止対策を合わせて実施することが重要である。

VI 謝 辞

本研究の実施にあたり、野外調査では生産農家、農事組合法人、茨城県県南農林事務所、頭骨標本の計測ではミュージアムパーク茨城県自然博物館の後藤優介氏、中型食肉目のイチゴの採食様式の観察では日立市かみね動物園にご協力をいただいた。論文

構成については、農研機構中央農業研究センター鳥獣害グループのメンバーから、統計解析については生物的防除グループの光永貴之氏より助言をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 阿部永 (2007) 増補版日本産哺乳類頭骨図説. 北海道大学出版会, 290p.
- Asikainen, J., Mustonen, A. M., Nieminen, P., Pasanen, S., Araja - Matilainen, H., & Hyvärinen, H. (2002) Reproduction of the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) after feeding or food deprivation in winter. Journal of animal physiology and animal nutrition, 86 (11-12), 367-375.
- 番喜宏・矢部和則 (2005) イチゴ新品種「ゆめのか」の育成. 愛知県農業総合試験場研究報告, 37, 17-22.
- Christiansen, P. and Adolfssen, J. S. (2005) Bite forces, canine strength and skull allometry in carnivores (Mammalia, Carnivora). Journal of Zoology, 266, 133-151.
- Clauss, M. Kleffner, H. and Kienzle, E. (2010) Carnivorous mammals: Nutrient digestibility and energy evaluation. Zoo Biology, 29, 687 - 704.
- Emerson, S. B. and Radinsky, L. (1980) Functional Analysis of Sabertooth Cranial Morphology. Paleobiology, 6, 295-312.
- 茨城県. 2015. 茨城県青果物標準出荷規格平成 27 年 3 月改定. 茨城県農林水産部産地振興課, 71p.
- 石川圭介 (2017) 静岡県三ヶ日地域における野生獣類によるミカンほ場の侵入状況. 静岡県農林技術研究所研究報告, 10, 51-60.
- Iwaniuk, A. N. and Whishaw, I. Q. (1999) How skilled are the skilled limb movements of the raccoon (*Procyon lotor*)? Behavioural Brain Research, 99, 35-44.
- Iwaniuk, A. N. Pellis, S. M. and Whishaw, I. Q. (2000) The relative importance of body size, phylogeny, locomotion, and diet in the evolution of forelimb dexterity in fissiped carnivores (Carnivora). Canadian Journal of Zoology, 78, 1110-1125.
- 金子弥生・丸山直樹 (2005) 東京都市近郊におけるニホンアナグマ (*Meles meles anakuma*) の体重及び栄養状態への地域住民の餌づけの影響. 哺乳類科学, 45, 157-164.
- 環境省 (2015) 我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト. <https://www.env.go.jp/nature/intro/2outline/iaslist.html> (参照 24 July 2017)
- 環境省 (2016) アライグマ防除の手引き (計画的な防除の進め方) 平成 23 年 3 月作成 (平成 26 年 3 月改定). https://www.env.go.jp/nature/intro/3control/files/manual_racoon.pdf (参照 24 July 2017)
- 北川雪恵 (1973) 果菜類の生育とビタミンCの分布 (II) トマト, ピーマン, イチゴ. 栄養と食料, 26, 139-143.
- 小島望 (2016) “第 1 章 餌付けによる野生動物への影響”. 野生動物の餌付け問題. 地人書館, 3-17.

- 森光由樹 (2002) “第8章捨てられるリング, そしてサル”. ニホンザルの自然誌—その生態学的多様性と保全. 東海大学出版会, 274-295.
- 永田靖・吉田道弘 (1997) 統計的多重比較の基礎, サイエンス社, 187p.
- Nagy, K. A. (1987) Field metabolic rate and food requirement scaling in mammals and birds. *Ecological monographs*, 57, 111-128.
- Nagy, K. A. (2005) Field metabolic rate and body size. *Journal of Experimental Biology*, 208, 1621-1625.
- National Research Council. (2006) Nutrient requirements of dogs and cats. National Academies Press, 398p.
- 農山漁村文化協会編 (2004) 野菜園芸大百科第2版 3 イチゴ. 農山漁村文化協会, 692p.
- 農林水産省 (2008) 野生鳥獣被害防止マニュアル—ハクビシン—. 農林水産省生産局農産振興課環境保全型農業対策室, 53p. http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_manual/h20_03b/ (参照 25Aug2017)
- 農林水産省 (2010) 野生鳥獣被害防止マニュアル—特定外来生物編—農林水産省生産局農産振興課環境保全型農業対策室. 185p.
- O'Brien, T. G. Kinnaird, M. F. and Wibisono, H. T. (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6, 131-139.
- Ohdachi, S. D., Ishibashi, Y., Iwasa, M. A., Fukui, D. and Saitoh, T. (2015) The wild mammals of Japan. 2nd ed. Shoukadoh Book Sellers, 511p.
- Olson, Z. H. Beasley, J. C. Devault, T. L. and Rhodes, O. E. (2012) Scavenger community response to the removal of a dominant scavenger. *Oikos*, 121, 77-84.
- Rabinowitz, A. R. (1991) Behaviour and movements of sympatric civet species in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand. *Journal of Zoology*, 223, 281-298.
- Schneider, D. G. Mech, L. D. and Tester, J. R. (1971) Movements of Female Raccoons and Their Young as Determined by Radio-Tracking. *Animal Behaviour Monographs*, 4, 1-43.
- 關義和・江成広斗・小寺祐二・辻大和 (2015) 野生動物管理のためのフィールド調査法 哺乳類の痕跡判定からデータ解析まで. 京都大学学術出版会, 436p.
- 白井啓 (2016) “第3章 意図的・非意図的餌付けに起因するニホンザルの行動変化と猿害”. 野生動物の餌付け問題. 地人書館, 31-70.
- 高槻成紀・久保蘭昌彦・南正人 (2014) 横浜市で捕獲されたアライグマの食性分析例. 保全生態学研究, 19 (1), 87-93.
- 坪田将吾・手島司・山本聡史・林茂彦 (2016) 循環式移動栽培におけるイチゴの果実径推定手法. 植物環境工学, 28, 172-181.
- 山本聡史・林茂彦・坪田将吾・落合良治・田中伸明・山田久也. 2015. イチゴパック詰めロボットの開発. 農業食料工学会誌, 77 (3), 197-209.
- Yasuda, M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29, 37-46.
- Yasui, T. Tsukise, A. Schnapper, A. and Meyer, W. (2008) Ultrastructural and carbohydrate histochemical study of the Vater-Pacini corpuscles in the digital pads of the North American raccoon (*Procyon lotor*), with special regard to basic function. *European Journal of Wildlife Research*, 54, 275-283.

First trial to measure the feeding efficiency of medium-sized mammals in fruit dump sites: a case of strawberry fruits.

Chinatsu Kozakai^{*1}, Ayaka Hata^{*1}, Midori Saeki^{*1}, Masahiko Takeuchi^{*1}

Summary

It is important to know the value of discarded fruit as food resources in medium-sized mammals, including invasive species in Japan, such as raccoon (*Procyon lotor*) and masked palm civet (*Paguma larvata*) for effective controls of crop damage and animal population. We investigated foraging efficiency of medium-sized mammals in fruit, strawberry, dump sites using remote cameras. Then we calculated how long did the animals need for obtaining daily energy requirement (DE) in the dump sites. The feeding rates (median value) were 6.0 fruit/min for civets

and 3.8 fruit/min for raccoons. The necessary times for obtaining DE were 13 minutes for civets and 95 minutes for raccoons, equivalent to 1.8% and 13.2% of daily activity time for civets and raccoons, respectively, in their original forest habitats. Based on such a high foraging efficiency, it would be important to take proper measures to avoid use of dump sites by these animals for controlling crop damage and their population.