

東京大学千葉演習林におけるカメラトラップ法による ニホンジカの生息密度推定の有効性の検証

久本洋子*¹・大石 諭*¹・鈴木祐紀*¹・鶴見康幸*¹・米道 学*¹・鈴木 牧*²

Efficiency of estimating sika deer density using camera traps
in the University of Tokyo Chiba Forest

Yoko HISAMOTO*¹, Satoru OISHI*¹, Masanori SUZUKI*¹, Yasuyuki TSURUMI*¹,
Takashi YONEMICHI*¹, Maki SUZUKI*²

1. はじめに

東京大学千葉演習林 (以下, 千葉演習林) では, 1970 年代後半からニホンジカ (以下, シカ) の分布域拡大や個体数増加に伴い, 1985 年頃からスギ・ヒノキ植栽苗の食害や天然林の下層植生への採食圧が認められるようになった^{2,9,11,12)}。さらに近年ではイノシシによる被害が急増し, キョン等の小型獣も増加傾向にある。

千葉演習林では 1991 年より毎冬, 演習林内全域で区画法によるシカをはじめとする大型哺乳類の生息数調査を行ってきた¹⁰⁾。しかし, 安全上の問題や人員確保の困難さから, 2015 年度以降は調査が実施されなかった。一方で, 千葉県主体で行われている糞粒法の調査は広域で概括的な生息数を把握する手法であり, 演習林のような組織が長期的に特定地域で精度の高い生息数調査を実施することは県が示す生息密度を補完するうえでも極めて重要である。

近年, 自動撮影カメラを用いたカメラトラップ法によって野生動物の生息密度の推定を行う REM 法が開発され⁶⁾, 信州大学演習林などで実施されている⁷⁾。調査者が少人数で山中に入る区画法に比べ, カメラトラップ法は比較的安全な場所で設置でき, 精度も高いとされる。カメラ設置作業は一斉に実施するためまとまった人工数がかかるが, カメラ回収や撮影データの確認作業は自由度が高く, 総人工数は少ないと推察される。

以上から, 千葉演習林において 2018 年冬季にカメラトラップ法を試行し, シカの生息密度を推定した。それらの結果および人工数を算出し, これまで千葉演習林で実施してきた区画法での推定結果および人工数と比較し, 本手法が千葉演習林において有効であるかを検討した。

* 1 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林

The University of Tokyo Chiba Forest, The University of Tokyo Forests, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

* 2 東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境科学専攻

Department of Natural Environmental Studies, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

2. 調査方法

1) 調査地

千葉演習林は千葉県房総半島南東部に位置し、千葉県君津市と鴨川市にまたがる約 2,200 ha の面積を持つ⁸⁾。山中 (2007)¹⁰⁾ や山中ら (2014)¹²⁾ にあるように、1991 年より区画法によってシカの生息密度が推定されており、2010 年以降は 2~4 頭 /km² で推移している。1997 年以降、有害鳥獣駆除を一部区域（主に清澄管内）で行っている^{3,4)}。

2) カメラ設置方法

自動撮影カメラは SG560K-12mHD (BMC) を 20 台使用した。Rowcliffe *et al.* (2008)⁶⁾ はカメラ自体の配置密度は問わない一方、最低 20 台のカメラの設置を推奨しているため、本調査の設置台数もそれに準じた。本カメラは赤外線センサーで動く物体に反応して静止画および動画を撮影する。撮影可能範囲は、検知角度 50 度の場合は距離 10 m である。本設定では、赤外線センサーが反応するとまず静止画を 1 枚撮影し、その後約 60 秒間のインターバルを空けた後に 60 秒間の動画を撮影することとした。これを 1 シーンとすると、1 シーン撮影後に 60 分間のインターバルを置くように設定した。具体的な設定は以下のとおりである；Camera Mode: Pic+Video, Photo Size: 12MP, Video size: 1280 × 720, Video Length: 60 sec, Time Lapse: Off, PIR Trigger: Low, PIR Interval: 60 min, Camera Posit: A~T position, Recycle storage: Off。

設置場所は地図上で決定した。すなわち、カメラ同士の間隔を直線距離で 600 m 以上離し、演習林内の 3 管内（清澄・札郷・郷台）でできるだけ均等になるようにした（図-1, 表-1）。また、設置する場所の林相が人工林と天然林でできるだけ均等に分布するよう選出した。人工林は再造林直後の若齢人工林（以下、若齢人工林）と成林後の人工林（以下、人工林）を含めた。天然林は尾根と沢のそれぞれを含めた。その他に作業所構内や土場を含めた。実際の設置箇所は地図上の指定ポイント周辺で設置可能な場所とした。胸高直径 15 cm 程度の立木の幹の 1~1.5 m 程度の高さにカメラを付属ベルトで固定し、センサーが約 10 m 先の範囲までを検知する角度になるように設置した。カメラの視界に映り込むような近傍の枝葉や下草は除去し、演習林と民地の境界付近では演習林側の向きとした。これまで実施してきた区画法調査と時期を合わせるため、調査は冬季に実施することとし、カメラの設置は 2018 年 1 月 10 日に一斉に行った。カメラの回収は 2018 年 3 月 1 日以降に実施した。

3) 撮影データの確認

撮影データは 2018 年 1 月 11 日から 2 月 28 日のデータを用いた。カメラごとに、静止画・動画の撮影日時を記録し、撮影された動物種・頭数・雌雄・成幼について可能な限り判別した。判

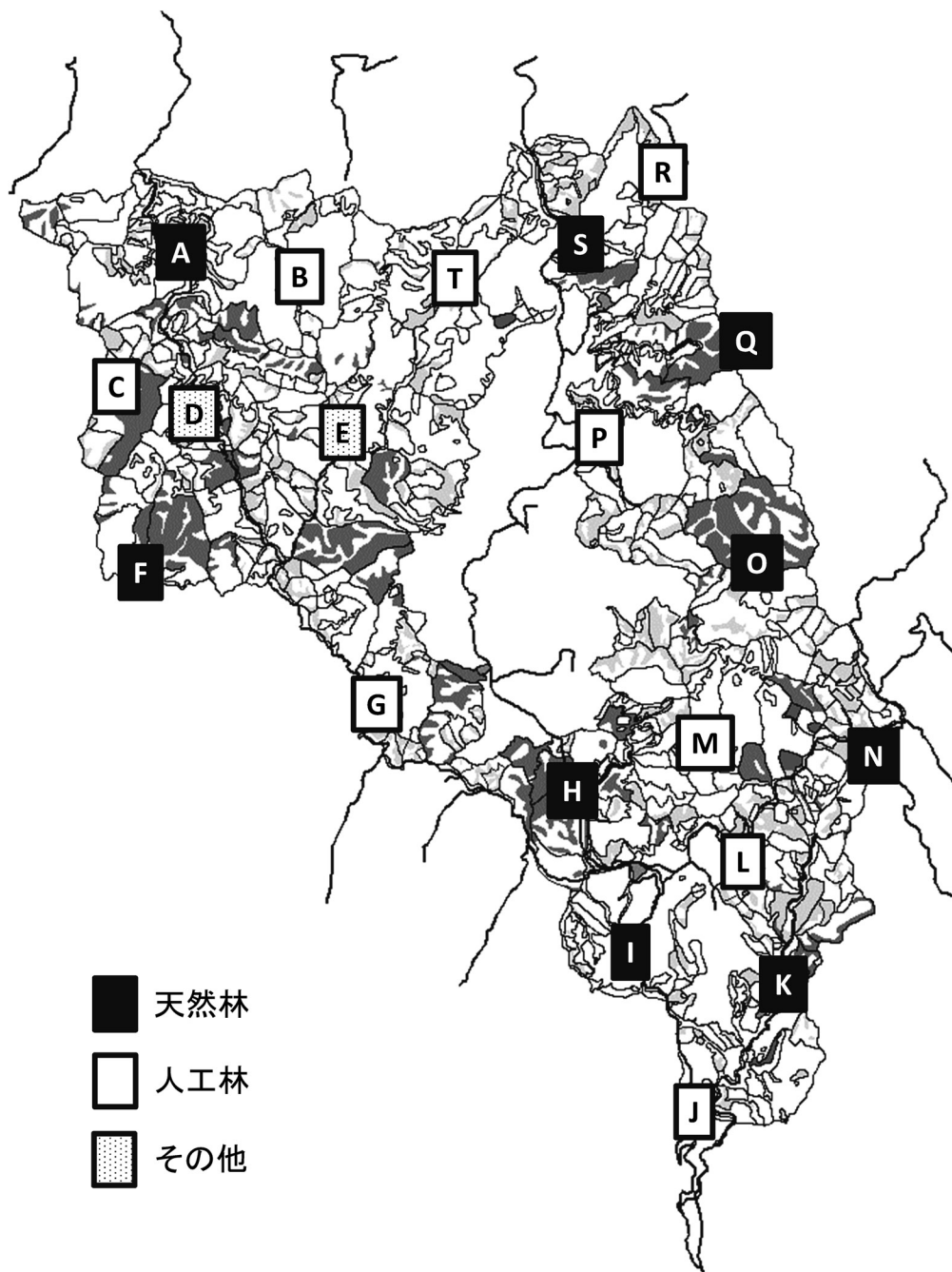


図-1 千葉演習林全域におけるセンサーカメラの設置場所。アルファベットは各カメラコードを示す。

表-1 各センサーカメラの設置場所の座標と付加情報

カメラコード	緯度	経度	林相等	管内	備考
A	35.204427	140.106713	天然林・沢	郷台	
B	35.202172	140.116609	人工林	郷台	
C	35.194546	140.100666	人工林	郷台	
D	35.192042	140.109364	溝内	郷台	
E	35.191075	140.1208	土場	郷台	集計から除外
F	35.181599	140.103297	天然林・尾根	郷台	
G	35.171738	140.123471	人工林	郷台	
H	35.165147	140.140291	天然林・尾根	清澄	
I	35.153934	140.145924	天然林・尾根	清澄	
J	35.142116	140.15119	若齢人工林	清澄	
K	35.151868	140.158347	天然林・沢	清澄	
L	35.160649	140.155561	若齢人工林	清澄	
M	35.169099	140.152171	人工林	清澄	
N	35.168226	140.166741	天然林・尾根	清澄	
O	35.181758	140.156937	天然林・尾根	札郷	
P	35.190999	140.142913	人工林	札郷	
Q	35.197772	140.156224	天然林・尾根	札郷	
R	35.209608	140.148418	人工林	札郷	
S	35.204699	140.141419	天然林・沢	札郷	
T	35.202179	140.130503	天然林・尾根	郷台	

別ができなかったものは不明とした。上述のとおり本設定では1シーンごとに静止画および動画がセットで撮影されることから動物種・雌雄・成幼については静止画と動画の両方を見て総合的に判断した結果を用いた。頭数についても、静止画と動画を1シーンとしてどちらかで撮影された多い方の頭数をそのシーンの頭数とした(例えば、静止画でシカ1頭、動画でシカ3頭が映っていた場合、そのシーンの頭数は3頭とした)。

また、カメラの設置場所による撮影回数のばらつきを確認するため、カメラごとの撮影された全シーンのうち動物が映っていたシーンと動物が映っていなかったシーンの数を算出した。

4) シカ生息密度の推定

密度推定には以下の式を用いた⁶⁾。

$$D = (g \times y/t) \times (\pi / vr (2+\theta))$$

この式では、平均群れサイズ(1シーンあたりの平均撮影個体数)(g)、撮影頻度(1日あたりの動物撮影回数)(y/t)、撮影可能距離(r)と可能角度(θ)(カメラのスペックによる数値)、シカの移動速度(v)のデータがあれば、シカの生息数の推定式ができる。シカの移動距離については、2005年の冬季に房総半島でメスシカ3個体を約110日間GPSトラッキングした結果から計算した移動速度として時速75.6m~102m(分速1.26m~1.7m)(鈴木牧, 未発表データ)を用いた。

区画法での千葉演習林内のシカ生息密度は2011年、2012年、2013年の結果はそれぞれ4.4頭

/km², 3.2 頭/km², 2.8 頭/km²であった（未公表データ）。清澄と郷台管内は生息密度が低く、札郷は高い傾向があった。

5) 作業人工数の算出

カメラトラップ法の実施にかかる労力を算出するため、カメラの設置に投じた人工数、回収にかかった人工数、撮影データの確認にかかった人工数を計算した。すべて当日の作業人数とそれぞれの作業時間を記録し、単位は人・時で算出した。

比較のため用いた千葉演習林で実施してきた区画法については2013年の調査人工数（人・時）を過去資料から概算した。区画法では、清澄・郷台・札郷の3管内をそれぞれ半日ずつ2日間で調査した。各管内につき7~9 haを1区画として20区画を設定し、全ての調査員が現地に到達後、一斉に区画内に入り調査時間を合わせたうえで1時間30分の間、目視での調査を行った¹⁰⁾。安全上の懸念がある区画では調査員は二人一組を原則としていた。これらの調査方法は過去数年間で大きな変更はほとんど無かったため、2013年の結果のみを用いた。

3. 結果と考察

1) 撮影データ

20台のカメラの撮影シーン数とその内訳を図-2に示す。総撮影シーンおよび動物が撮影され

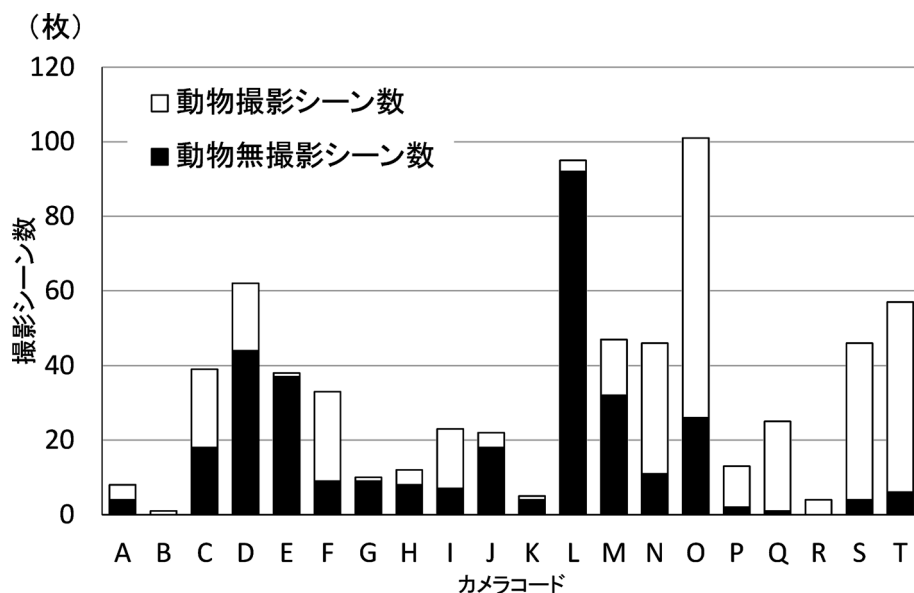


図-2 カメラごとの撮影シーン数。全撮影シーン数のうち、動物が撮影されたシーンを白色、動物が確認できなかったシーンを黒色で示した。Eは設置翌日に撮影が不適になった（本文参照）。

たシーン数はカメラによって大きく異なった。全体で54%のシーンが動物撮影に成功した。動物が映っていなかったものはすでに動物が通過した後の場合も考えられるが、風で葉が揺れて日光が反射したこと等による誤撮影も多いと思われた。誤撮影が多くても頭数の推定には影響しないが、確認効率が低下することから、今後はこれらの影響を排除できるような設置方法の工夫が必要である。20台のカメラのうち、1台（カメラコードE）については設置1日後に角度調整用のクッションが外れて動物撮影に不適な方向になった。そのため、撮影動物数の集計やシカ生息密度推定のデータからは除外した。

1月11日から2月28日の49日間で撮影された動物の総数は487頭であった。撮影数は多い順にシカ(209頭)、キョン(119頭)、イノシシ(72頭)、サル(44頭)、アナグマ(2頭)、テン(1頭)、犬(1頭)、鳥(種類を分けずに計6羽)で、不明は33頭であった。本調査では静止画と動画を組み合わせて撮影を行ったが、これによって互いに情報を補完することができた結果、不明が撮影数全体の7%程度に抑えられたのかもしれない。カメラごとに撮影された頭数や動物種はばらつきがあった(図-3)。日にちごとでの撮影頻度には明確な傾向は認められなかった(図-4)。時間帯ごとでは、シカやキョンは夜明け前後と日没前後に多いが夜間も活動しており、サルは日中のみ、イノシシは午後から夕方に撮影される頻度が高かった(図-5)。林相ごとでは、人工林よりも天然林の方が撮影頻度が高く、天然林の尾根での撮影頻度が最も高く約0.9頭/カメラ・日当たりであった(図-6)。管内ごとで見ると、札幌管内の撮影頻度が最も高く約0.8頭/カメラ・日当たりであった一方、清澄管内が最も撮影頻度が低く、特にシカの数が少ない(図-7)。清澄管内では有害鳥獣駆除を実施しているため^{3,4)}、駆除の結果が反映されているため

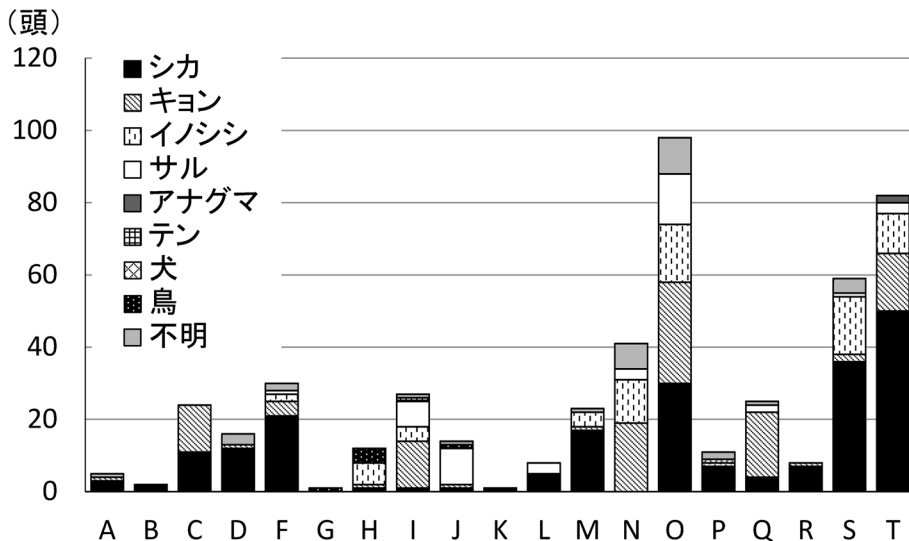


図-3 カメラごとの撮影個体数と動物種の内訳。Eのデータは除外した(図-4以降も同様)。

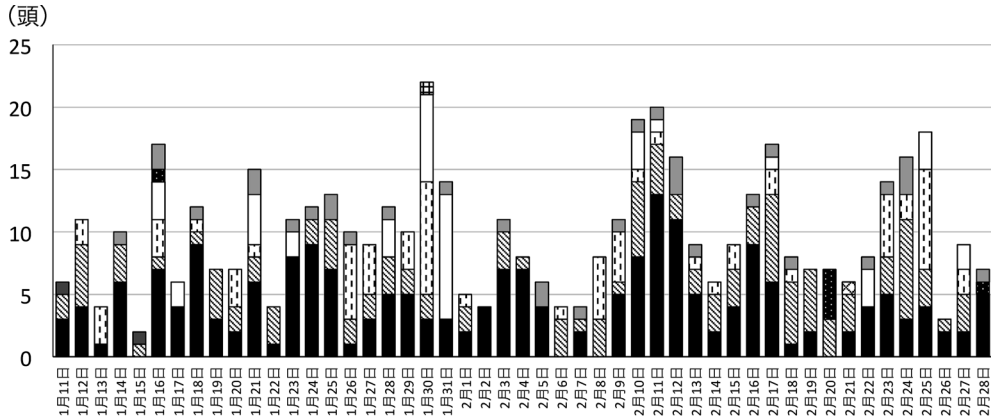


図-4 日にちごとの撮影個体数と動物種の内訳。動物種の凡例表示は図-3に従う（図-5以降も同様）。

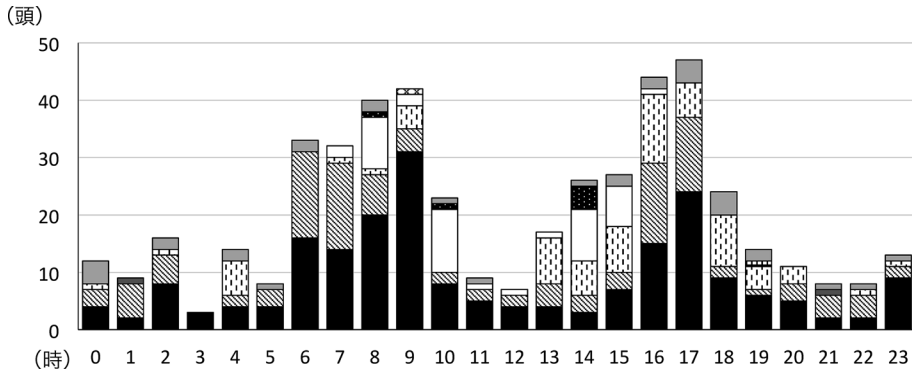


図-5 時間帯ごとの撮影個体数と動物種の内訳

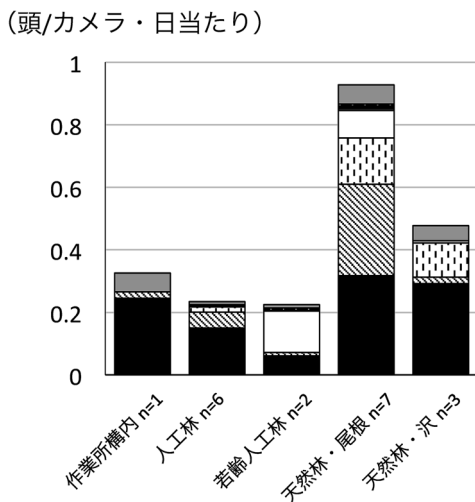


図-6 林相ごとのカメラ・日当たりの撮影個体数と動物種の内訳 (n はカメラの数)

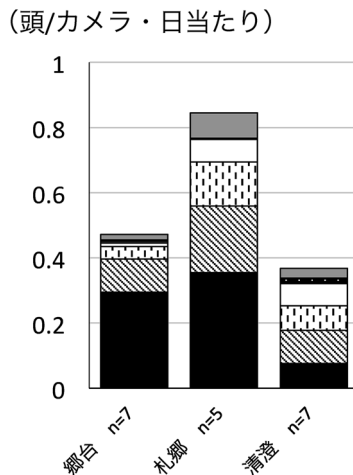


図-7 管内ごとのカメラ・日当たりの撮影個体数と動物種の内訳 (n はカメラの数)

いると推察される。

2) シカの生息密度の推定

平均群れサイズ (g) は、209 頭 /136 シーン = 1.54 であった。撮影頻度 (y/t) は、136 シーン /19 台・49 日 (写真 /カメラ台・日) = 0.146 とした。カメラはコード E を除き 19 台、設置日数は 1 月 11 日から 2 月 28 日までの 49 日間である。平均移動速度 (v) は 1.26 m/分および 1.7 m/分を km/日に換算し、それぞれ 1.814 km/日および 2.448 km/日とした。撮影可能距離 (r) はカメラの説明書の記述から検知角度 50 度の場合 10 m であることから 0.01 km とし、撮影可能角度 (θ) は説明書から 50 度で、弧度に換算し 0.873 ラジアンとした。以上を $D = (g \times y/t) \times (\pi /vr (2+\theta))$ に代入すると、移動速度 1.26 m/分の場合 13.5 頭 /km²、移動速度 1.7 m/分の場合 10.0 頭 /km² という結果となった。区画法の 3~5 頭 /km² の結果と差があるが、一般的に区画法は数時間の調査中に目視で確認された頭数から推定するため過小評価になるとされる¹⁰⁾。一方、第 4 次千葉県第二種特定鳥獣管理計画 (ニホンジカ)¹⁾ によると、千葉県のニホンジカの推定分布面積および推定生息数は平成 25 年度から 27 年度平均で保全調整地域は 12.6 頭 /km²、農業優先地域は 16.2 頭 /km²、拡大防止地域は 6.9 頭 /km² とされている。本調査地は、保全調整地域および農業優先地域にまたがっている。以上から、本調査での生息密度 10.0~13.5 頭 /km² という数値は妥当な範囲と思われる。

今回用いた Rowcliffe *et al.* (2008) の密度推定法は、最近バイアスが少なく精度の高い方法へと発展をみせている。Nakashima *et al.* (2018)⁵⁾ は、これまで別途必要であった移動速度の情報も、センサーカメラの撮影動画から推定して生息密度を求める手法を開発した。今後は、この方法を用いた密度推定を行うことも検討したい。この方法は、生息数の推定値の信頼区間も容易に評価することができる。以上の観点から、カメラトラップ法は区画法に比べて優れた手法であり、今後それを活用したシカの密度推定と個体群管理が望まれる。

3) 作業人工数

カメラの設置は、原則二人一組の 5 班体制で行い、各班 5~6 時間かかった。カメラあたりの平均所要時間は 1.4 時間であった。カメラの回収は安全上問題ない場合は一人とし原則二人一組の 5 班体制で行い、各班 2~5 時間かかった。カメラあたりの平均所要時間は 1.1 時間であった。設置よりも回収の方が所要時間が短かったのは設置場所の検討や設置作業が無く、現地での滞在時間が少なかったためと考えられる。今後継続して同じ場所にカメラを設置することにすれば、設置場所の検討が不要になり設置の所要時間は若干短くなると期待できる。撮影されたデータの確認作業は 6 人が担当し、カメラ 1 台のデータに対し最短 15 分、最長 5 時間と確認時間には幅があった。カメラトラップ法にかかった人工数は、カメラ設置に 61.17 人・時、カメラ回収に

34.16 人・時、撮影データの確認作業に 49.35 人・時で、合計 144.68 人・時であった。一度に 20 台のカメラを設置するためには少なくとも 1 日に 10 人の作業員は必要であるが、それ以外の作業は一斉に実施する必要がないため比較的作業時間の融通がしやすい利点を感じられた。区画法の人工数については 2013 年の実績を元に算出した。2013 年 1 月 29 日、30 日の 2 日間で、1 日目 9:00 集合 16:30 解散で 7.5 時間、2 日目 9:00 集合 16:00 解散で 7 時間であった。参加者は 1 日目 18 人、2 日目 19 人であった。以上から 2013 年の人工数は 135 人・時 + 133 人・時 = 268 人・時であった。すなわち、区画法に比べてカメラトラップ法の人工数は半分程度で済むことが示された。

以上から、本調査方法はかかった人工数と得られるデータの費用対効果から千葉演習林において十分継続するに足る方法であると期待できる。

謝辞

本調査は千葉演習林の教職員の協力・助言により実施された。ここに御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 千葉県 (2017) 第 4 次千葉県第二種特定鳥獣管理計画 (ニホンジカ). 26pp., 千葉県, 千葉.
- 2) 蒲谷肇 (1988) 東京大学千葉演習林荒瀬沢における常緑広葉樹林の下層植生の変化とニホンジカの食害による影響. 東京大学農学部演習林報告 78: 67-82.
- 3) 村川功雄 (2017) 千葉演習林における野生動物による被害の状況と対策. 平成 29 年度技術職員等試験研究・研修会議報告 21-24.
- 4) 村川功雄・永島初義・鈴木祐紀・米道学 (2006) 千葉演習林におけるニホンジカ等有害獣の駆除について. 平成 18 年度技術官等試験研究・研修会議報告 44-56.
- 5) Nakashima, Y., Fukasawa, K. and Samejima, H. (2018) Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology* 55: 735-744.
- 6) Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T. and Carbone, C. (2008) Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology* 45: 1228-1236.
- 7) 田中竜太・高島千尋・瀧井暁子・泉山茂之 (2017) 信州大学手良沢山演習林における REM 法を用いたニホンジカ (*Cervus nippon*) の生息密度推定. 信州大学農学部 AFC 報告 15: 55-60.
- 8) 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林 (2012) 千葉演習林第 13 期教育研究計画 (2011 (平成 23) 年度~2020 (平成 32) 年度). 演習林 (東大) 51: 27-66.

- 9) 山中征夫 (1988) ニホンジカによるスギ植栽苗の食害. 森林防疫 7 : 2-6.
- 10) 山中征夫 (2007) 東京大学千葉演習林におけるニホンジカの生息数調査 (1986 年, 1991-2006 年の調査結果報告). 演習林 (東大) 46 : 351-369.
- 11) 山中征夫・米道学・藤平晃司 (2009) シカ激害地におけるスギ植栽苗の保護対策及び植生回復の試み. 関東森林研究 60 : 117-120.
- 12) 山中征夫・當山啓介・久本洋子・広嶋卓也・山田利博 (2014) 東京大学千葉演習林におけるニホンジカの生息状況とスギ・ヒノキ植栽木の被害. 日本緑化工学会誌 39 : 496-502.