

資料

三重県におけるニホンジカ生息密度推定方法（区画法，糞粒法，糞塊法）の検討

Examination of three methods for estimating the sika deer density in Mie Prefecture, Japan:
block count, fecal pellet count, and fecal pellet group count福本浩士¹⁾Hiroshi Fukumoto¹⁾

要旨: 三重県内の3地域において、異なる3種類の方法を用いてシカ生息密度を推定した。その結果、いずれの地域においても糞粒法による推定値が最も高く、次いで糞塊法、区画法の順であった。区画法による推定は過大な区画面積、調査員の経験不足により過小評価となった可能性がある一方、糞粒法は糞の分解率など計算式で用いるパラメータ値が三重県の環境条件に適合していないこと、糞粒測定地点が平坦地や緩傾斜地に偏っていたことから過大評価になったと考えられた。今後、シカ生息密度をモニタリングする際には、糞粒法による推定だけでなく糞塊密度や目撃効率など複数の密度指標を用いて生息動向を把握することが必要である。

キーワード: 区画法、生息密度、ニホンジカ、糞塊法、糞粒法

Abstract: We examined three methods for estimating the sika deer density in three regions of Mie Prefecture, Japan. Deer density estimates from the block count method were the lowest, followed by from the fecal pellet group count method and the fecal pellet count method. The block count method probably underestimated deer density because of the excessively large block area examined and a shortage of investigator experience, whereas the fecal pellet count methods probably overestimated deer density because of incorrect parameter values relating to fecal decomposition and bias from geographical features such as the slope at the sites where fecal pellets were counted. To evaluate deer population trends, several indices, including fecal pellet counts, fecal pellet group counts, and sightings per unit effort, should be used and crosschecked.

Key Word: block count, density, fecal pellet count, fecal pellet group count, sika deer

はじめに

日本における中・大型野生動物の生息密度推定法は、糞粒法（例えば、池田ら，2006；岩本ら，2000；小野ら，1983），糞塊法（例えば、飯村，1980；濱崎ら，2007），区画法（例えば、Maruyama and Furubayashi，1983；Maruyama and Nakama，1983；仲真ら，1980），空中センサス法（例えば、丸山・岩野，1980；大井ら，1993），スポットライトカウントに距離標本法を適用する方法（例えば、小泉ら，2004）などがある。このうち、空中センサス法は観察条件が悪い日本の森林地帯での適用は一部の地域に限られるとともに（丸山・岩野，1980），調査経費がかかることから広く利用されていない（大井ら，1993）。

1) 三重県林業研究所
Mie Prefecture Forestry Research Institute
E-mail : fukumh01@pref.mie.jp

スポットライトカウントに距離標本法を適用する方法についてもいくつかの問題点が指摘されており（小泉ら，2004），今後さらなる改良の必要性が求められている。

区画法は，直接目撃した個体を計数する方法であり，糞粒法や糞塊法とともに生息密度を推定する方法として従来から採用されてきた。ニホンカモシカを対象とした区画法は，下層植生，積雪条件，林冠木の着葉状況，地形の起伏，区画面積などの条件が適合すれば，高い精度で生息密度を推定できることが報告されている（Maruyama and Furubayashi, 1983; Maruyama and Nakama, 1983; 落合, 1997）。ニホンジカ（以下，シカとする）を対象とした区画法は，シカが集中分布を示す種であるため生息密度のばらつきが大きくなるなどの課題が残るものの（米田, 1993），多くの地域で他の方法と併用して実施されている（例えば，Goda et al., 2008; Maeji et al. 1999; 永田・岩岡, 2011）。

糞粒法は九州地方を中心に常緑広葉樹林地帯で広く使用されている間接的な生息密度推定法である。生息密度は糞粒数，糞粒発見率，単位時間当たりの糞粒消失率，1頭あたり単位時間当たりの排泄糞粒数により算出される。また，糞粒消失率が季節的に変化すること，糞粒の分解率が糞虫の群集構造によっても異なることから，これまでに様々な改良が加えられている（池田ら, 2006; 岩本ら, 2000）。糞粒法は一部の地域で過小評価になる，調査区によるばらつきが大きく誤差幅が大きい等の問題点を抱えているものの（宇野ら, 2007），森林の状況に関わりなく比較的容易に広範囲で調査を実施できるため多くの都府県で採用されている。

糞塊法も糞粒法とともに多くの都府県で生息密度指標として採用されている（宇野ら, 2007）。糞粒法に比較して調査用枠が不要なこと，糞粒をすべて計数する必要がないことなどから，より簡便で調査労力が少なく，限られた予算条件のもとで広域調査を実施するのに有効な方法である（濱崎ら, 2007）。また，糞塊密度は区画法による生息密度と有意な相関があり（濱崎ら, 2007），密度指標としての有用性が期待されている。

近年，三重県においてシカによる農林業被害が増加している（三重県, 2012）。三重県では特定鳥獣保護管理計画（ニホンジカ）（以下，特定管理計画とする）を策定し，被害軽減のため個体数管理を実施している。特定管理計画では糞粒法により生息密度を算出し，県内のシカの生息個体数を推定しているが，調査区によるばらつきが大きいため誤差が大きいと考えられその妥当性が問われている。そこで本研究では，区画法，糞粒法，糞塊法を同一地域で実施して推定生息密度の比較を行うとともに，今後のシカ生息密度のモニタリングについて提案を行う。

調査地と調査方法

1. 調査地の概要

区画法，糞粒法，糞塊法は亀山市関町坂下，津市白山町川口及び松阪市飯高町青田地内の森林において実施した。調査地の概要を表-1に示す。亀山市関町坂下地内（以下，関地域とする）の調査地は全面積 130.0ha で，標高 190~497m の範囲にある（図-1）。調査地の大部分はスギ，ヒノキの人工林で，尾根筋にアカマツや広葉樹がわずかに残る。スギ，ヒノキ人工林の林床は，一部を除き下層植生はほとんどなく，見通しは良好である。調査地の 9.3km 東に位置する亀山測候所（標高 70m）における 1981~2010 年の年平均気温は 14.7℃，最高気温は 37.9℃（1994 年），最低気温は -6.5℃（1981 年），平均年降水量は 1831.3mm である。調査地域では 12 月から 3 月にかけて降雪があるが，積雪は稀である。

津市白山町川口地内（以下，白山地域とする）の調査地は全面積 174.4ha で，調査区域内の標高最高地点は 548m，標高最低地点は 210m である（図-2）。調査地のすべてがスギ，ヒノキ人工林で，下層植生はほとんどなく見通しは良好である。ただし，スギ，ヒノキの若齢林が部分的にあり，この部

分の見通しは悪い。調査地の 20.7km 北東に位置する津地方气象台（標高 2.7m）における 1981～2010 年の年平均気温は 15.9℃、最高気温は 39.5℃（1994 年）、最低気温は -5.8℃（1981 年）、平均年降水量は 1581.4mm である。調査地域では 12 月から 3 月にかけて降雪があるが、積雪は稀である。

松阪市飯高町青田地内（以下、飯高地域とする）の調査地は全面積 86.0ha で、調査区域内の標高最高地点は 910m、標高最低地点は 475m である（図-3）。調査地のすべてがスギ、ヒノキ人工林であり、近年集約的な間伐作業と作業道の開設が実施された。下層植生はほとんどなく、見通しは良好である。調査地の 22.9km 東北東に位置する粥見測候所（標高 120m）における 1981～2010 年の年平均気温は 14.5℃、最高気温は 38.3℃（1994 年）、最低気温は -7.2℃（1986 年）、平均年降水量は 2058.5mm である。調査地域では 12 月から 3 月にかけて降雪があり、断続的に積雪がみられる。

2. 区画法

区画法を実施するにあたり、調査地をさらに数個の小区画に分割した。尾根、谷、林道、植生などを基準とし、調査員が踏査し易いように分割した。関地域は 13 個の小区画に分割し、小区画の面積は 5.2～13.7ha である。白山地域は 7 個の小区画に分割し、小区画の面積は 13.9～30.9ha である（表-1）。飯高地域は 9 個の小区画に分割し、小区画の面積は 5.0～15.7ha である。

各小区画に配置された 1 名（ただし、調査員の経験が浅い場合は 2 名 1 組とした）の調査員は、一定時間内（おおむね 1～2 時間）に見落としが無いよう担当区画内をくまなく歩行した。1:2000～1:7500 の地図に踏査ルートを記入し、シカを目撃した場合、数、成熟段階（当年仔、成獣）、性別（オス、メス、不明）、移動方向、目撃時間を記録した。調査時には各調査員がトランシーブで連絡を取り合い、目撃個体の重複を確認した。さらに、調査結果集計時に目撃時間、目撃場所、目撃したシカの情報（数、成熟段階、性別）、移動方向をもとにして、重複して目撃したと判断できるものは重複を消去して集計を行った。鳴き声や踏み音を聞いた場合も地図に記録したが、集計に含めなかった。生息密度は目撃頭数を調査面積で除して算出した。

関地域の区画法調査は 2011 年 10 月 27 日の午前（9:15～10:45）と午後（11:45～13:20）に実施し、当日の天候は晴れであった。白山地域の区画法調査は 2012 年 10 月 29 日の午後（14:00～15:40）に実施し、当日の天候は晴れであった。飯高地域の区画法調査は 2012 年 10 月 25 日の午前（11:00～12:40）に実施し、当日の天候は晴れであった。区画法調査は狩猟による影響を排除するために狩猟期（11 月 1 日～3 月 15 日）前に実施した。

3. 糞粒法

糞粒数の測定地点を図-1～3 に示す。測定地点は平坦地または緩やかな傾斜地とし、各小区画において 1～2 箇所設定した。測定地点の合計数は関地域が 20 箇所、白山地域が 10 箇所、飯高地域が 11 箇所である（表-1）。各測定地点において 50m のラインを設定し、5m ごとに 1m×1m の方形枠を設置して枠内の糞粒数を計数した。したがって、1 ラインあたりの調査面積は 11m² である。糞粒は外観上、分解されていないものを計測の対象とした。調査を実施した時期は、関地域が 2011 年 12 月 26 日、白山地域が 2012 年 11 月 27 日、飯高地域が 2012 年 12 月 14 日である。

糞粒法による生息密度推定は、FUNRYU プログラム（岩本ら、2000）を用いた。糞粒数の計算に用いるパラメータのうち、月平均気温は最寄りの測候所の気象観測データから気温逡減率 0.55℃/100m を考慮して算出した値を用い、糞消失過程期間は 100 ヶ月とした。各調査地域の標高は、糞粒計測地点の標高の平均値を用いた。

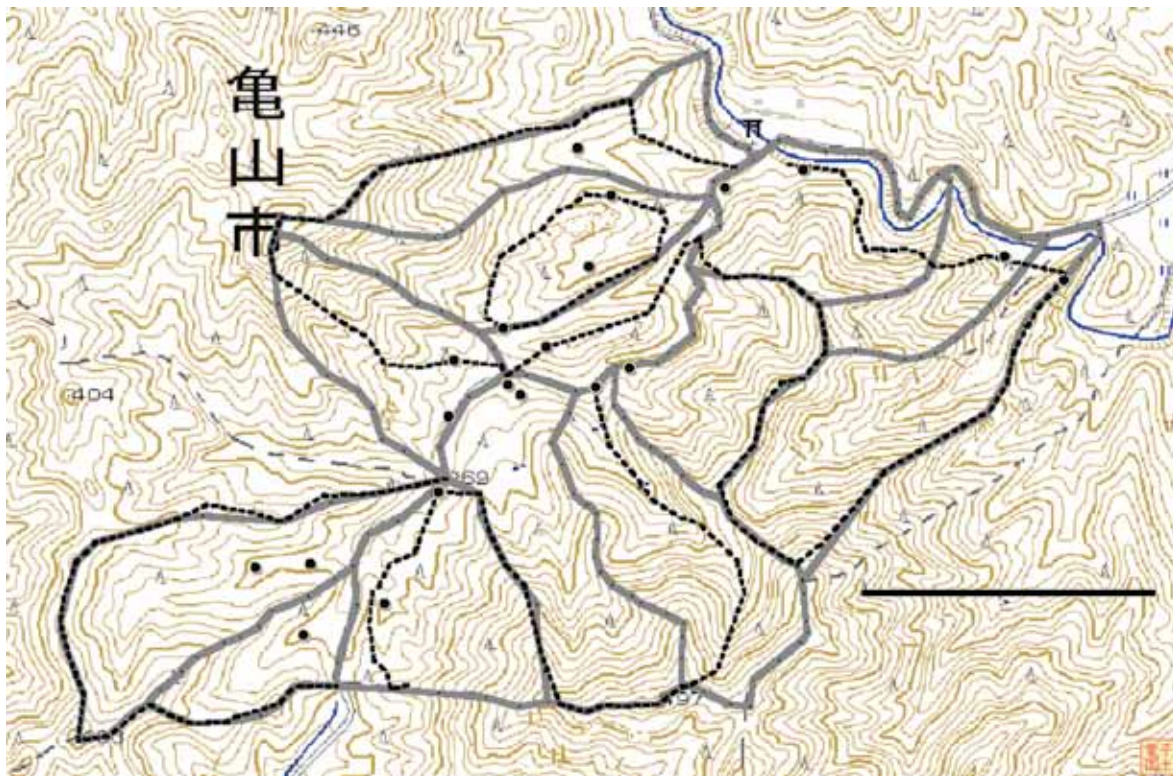


図 -1. 関地域における調査区画（灰色実線），糞粒測定位置（●），糞塊踏査ルート（黒色点線）．
図中のスケール（黒実線）は距離 500m を示す．

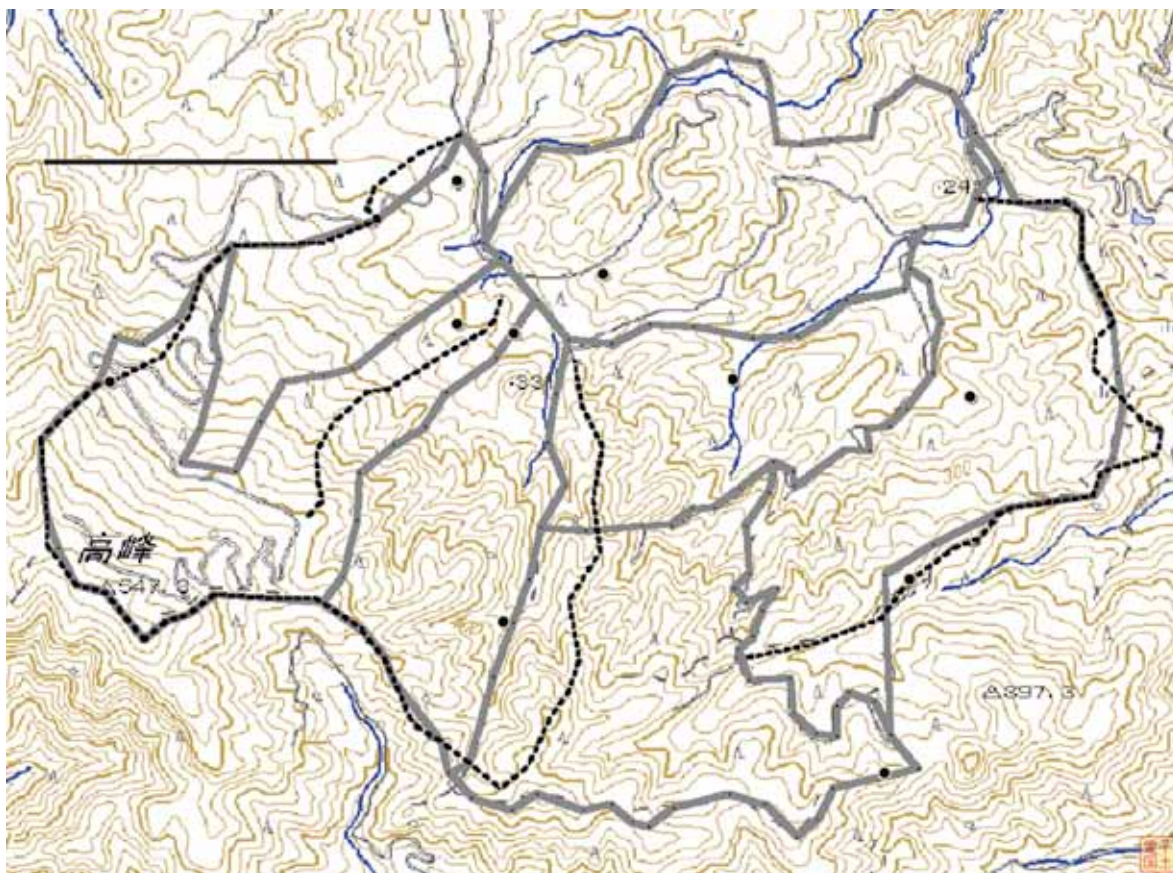


図 -2. 白山地域における調査区画（灰色実線），糞粒測定位置（●），糞塊踏査ルート（黒色点線）．
図中のスケール（黒実線）は距離 500m を示す．

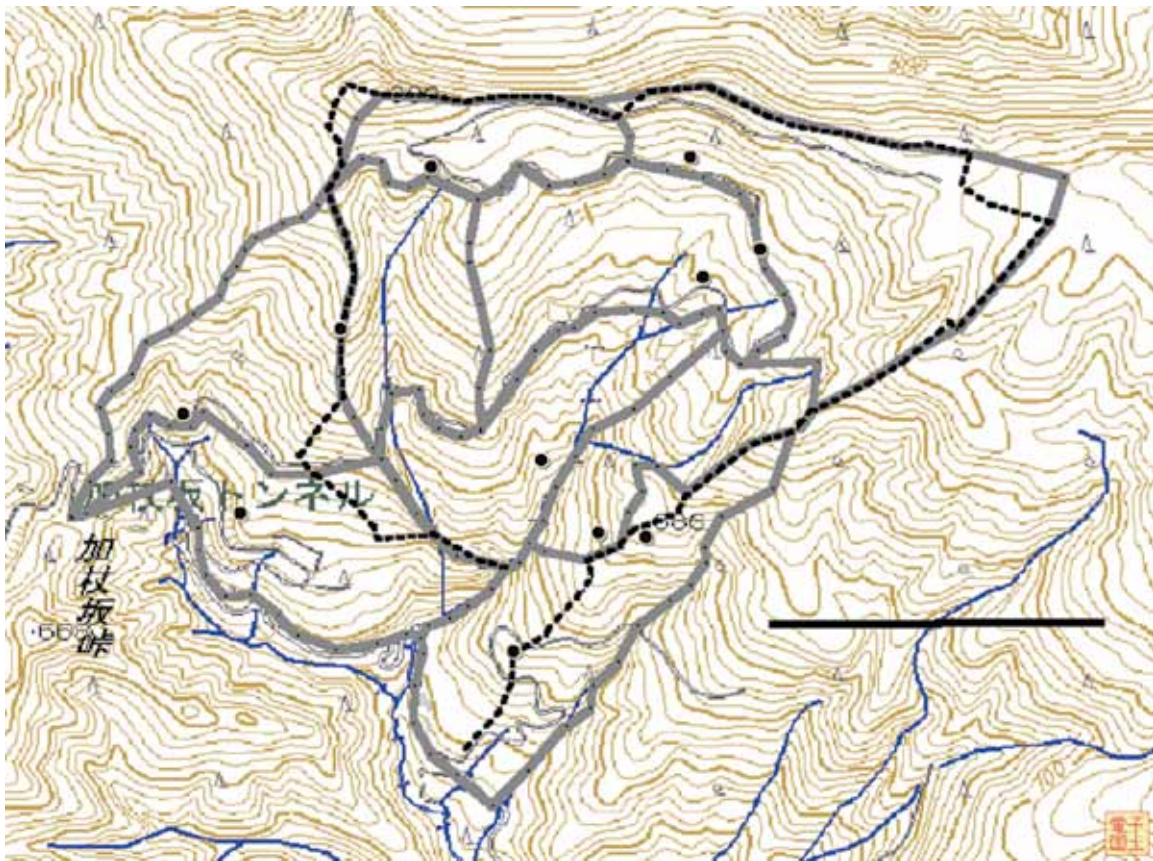


図 -3. 飯高地域における調査区画（灰色実線），糞粒測定位置（●），糞塊踏査ルート（黒色点線）．
 図中のスケール（黒実線）は距離 500m を示す．

表-1 調査地の概要

調査地域	調査面積 (ha)	標高 (m)	区画面積 (個)	区画面積 (ha)	糞粒測定地点数 (箇所)	糞塊調査距離 (km)
関	130.0	190-497	13	5.2-13.7	20	11.15
白山	174.4	210-548	7	13.9-30.9	10	6.52
飯高	86.0	475-910	9	5.0-15.7	11	4.13

4. 糞塊法

糞塊調査の踏査ルートを図-1～3 に示す．調査員（2 人 1 組）が主要な尾根や谷を踏査し，踏査線の左右 0.5m，計 1m 幅内の糞塊数を記録した．シカは止まって糞をやるだけでなく，歩きながら糞をすることも多いため帯状に糞が残り，いくつかの糞塊が重なってしまうことがある（濱崎ら，2007）．そのため，糞粒の形状，新鮮度，糞粒数を慎重に観察して糞塊の区別をし，1 回の脱糞行為で排泄されたと判断される糞粒の集まりを 1 糞塊とした（濱崎ら，2007）．また，残存糞粒数が少ない糞塊は，下層植生の多寡により見落とし率に差が生じると考えられるため，1 糞塊の発見糞粒数を 10 粒未満と 10 粒以上に分類し，10 粒以上の糞塊数のみを糞塊密度の算出に用いた（濱崎ら，2007）．踏査を実施した時期は，関地域が 2011 年 12 月 6 日及び 7 日，白山地域が 2012 年 12 月 10 日，飯高地域が 2012 年 12 月 5 日である．

糞塊法による生息密度は以下の計算式（近畿中国森林管理局，2012）を用いて算出した。

$$Y = 8.90 \times \ln (X+1)$$

Y：推定生息密度（頭/km²）

X：100m あたりの糞塊数（糞塊密度）

ln：自然対数

結果

区画法調査において目撃されたシカの内訳を表-2 に示す。関地域ではメス 6 頭，当年仔 3 頭を確認し（表-2），生息密度は 6.9 頭/km²であった（表-3）。白山地域で目撃されたのはメス 3 頭のみで（表-2），生息密度は 1.7 頭/km²であった（表-3）。飯高地域ではオス 1 頭，メス 2 頭が目撃され（表-2），生息密度は 3.5 頭/km²であった（表-3）。

糞粒法における推定生息密度は，関地域 25.1 頭/km²，白山地域 41.4 頭/km²，飯高地域 18.8 頭/km²，糞塊法における推定生息密度は，関地域 10.8 頭/km²，白山地域 13.7 頭/km²，飯高地域 10.7 頭/km²であった（表-3）。

表-2 区画法において目撃されたシカの内訳

調査地域	オス	メス	当年仔	合計
関	0	6	3	9
白山	0	3	0	3
飯高	1	2	0	3

表-3 各方法により算出されたシカ生息密度

調査地域	区画法	糞粒法	糞塊法
関	6.9	25.1	10.8
白山	1.7	41.4	13.7
飯高	3.5	18.8	10.7

考察

今回の調査により同一地域において 3 種類の異なる方法でシカの生息密度を推定することができた。生息密度の推定値を方法間で比較すると，いずれの調査地域においても糞粒法が最も高く，次いで糞塊法，区画法の順であった（表-3）。このように，同一地域であってもシカ生息密度の推定値は調査方法間で大きく異なることが明らかとなった。一般的に，中大型哺乳類では生息数，密度，年齢構成などの指標を正確に把握することが困難であると考えられている（米田，1993）。以下に，それぞれの方法の問題点を述べるとともに，特定管理計画を実行していく上でのシカ生息密度調査に関する改善点を提案する。

区画法は調査地の条件や調査員の経験などにより見落とし率が高くなると考えられている（横山・坂田，2007）。今回の調査では事前に踏査を行い，起伏が少なく下層植生が発達していない見通しの良い場所を調査地域として設定したが，調査員の経験不足による見落としが生じ過小評価となった可能

性は否めない。また、白山地域の小区画面積は 13.9～30.9ha であり（表-1）、精度が良いとされる 5～10ha 程度（落合，1997）よりも大きかった。今後、白山地域において区画法を実施する際は、現在の小区画をさらに細分する必要があると考えられる。

糞粒法による推定生息密度は FUNRYU プログラムを用いて算出した。このプログラムは三重県（2012）においても採用されているが、おもに九州地域を対象として開発されたプログラムであるため（岩本ら，2000）、糞の分解率が三重県の環境条件に必ずしも適合しているとはいえない。新井ら（2006）は東京都多摩地域における糞の消失率を詳細に調査し、東京版シカ生息密度推定プログラムを作成している。池田ら（2006）は、糞の分解に関わる糞虫の群集構造が異なると糞の分解率も異なるため、調査地域の糞虫群集に適した密度推定プログラムを開発している。佐藤ら（2005）は、糞粒法による推定は糞粒消失速度、1 頭 1 日あたりの排泄糞粒数の実測値を使用した場合でも、推定値が区画法による実測値と大きく異なり、糞粒法による推定の困難さを指摘している。また、糞粒法を実施する場合、糞の存在する場所に偏りが生じやすいため、測定地点の選定には十分な注意を払う必要がある。今回の測定地点はおもに平坦地や緩斜面であったことから、シカが利用しやすい環境に測定地点が集中し、他の方法よりも推定値が大きくなった可能性が考えられる。

糞塊法は、区画法や糞粒法に比べて調査方法が容易で、広域調査に適した方法である。今回の調査では、三重・奈良県境に位置する大台ヶ原の調査で得られた計算式（近畿中国森林管理局，2012）に基づいて生息密度を推定した。関地域、白山地域、飯高地域の推定生息密度は 10.7～13.2 頭/km² の範囲にあり（表-3）、区画法による生息密度、糞粒法による推定値に比べてばらつきが小さかった。大台ヶ原における調査結果から得られた計算式を三重県全域の調査結果に当てはめることに課題が残されているが、糞塊密度は区画法による生息密度や目撃効率（SPUE）と正の相関関係があり（濱崎ら，2007）、広域の密度推定や動向把握には有効な手法である。今後、三重県全域を対象として区画法による生息密度と糞塊密度や目撃効率の関係を検討しておくことが望まれる。

現在、三重県では平成 14 年度から糞粒法による生息密度の推定を実施しているが、今後は糞粒法だけでなく糞塊密度や目撃効率を併用し、複数の密度指標を用いてシカ生息密度の動向を追跡していくことが必要である（Uno et al. 2006）。また、5 年に 1 回程度の頻度で区画法が適用可能な場所において区画法を実施し、シカ生息密度の動向を把握することが望ましいだろう。

謝辞

調査を行うにあたり便宜を図っていただいた諸戸林業株式会社、川口地区財産管理会、独立行政法人森林農地整備センター津水源林事務所、田中林業株式会社、沖中造林株式会社に対し、厚くお礼申し上げます。三重県林業研究所の職員の皆様には現地調査を手伝っていただきました。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 新井一司・遠竹行俊・久野春子（2006）糞粒法による東京のシカ生息密度分布の実態。東京都農林総合研究センター研究報告，1：21-25。
- Goda, R., Ando, M., Sato, H., Shibata, E. (2008) Application of fecal pellet group count to sika deer (*Cervus nippon*) population monitoring on Mt. Ohdaigahara, central Japan. *Mammal Study*, 33：93-97.
- 濱崎伸一郎・岸本真弓・坂田宏志（2007）ニホンジカの個体数管理に向けた密度指標（区画法，糞塊密度および目撃効率）の評価。哺乳類科学，47：65-71。

- 飯村 武 (1980) シカの生態とその管理—丹沢の森林被害を中心として—. 大日本山林会, 149pp, 東京. *
- 池田浩一・遠藤 晃・岩本俊孝 (2006) 糞粒を用いたシカ生息密度の調べ方. 森林防疫, 55 : 169-176.
- 岩本俊孝・坂田拓司・中園敏之・歌岡宏信・池田浩一・西下勇樹・常田邦彦・土肥昭夫 (2000) 糞粒法によるシカ密度推定式の改良. 哺乳類科学, 40 ; 1-17.
- 近畿中国森林管理局 (2012) 平成 23 年度大杉谷国有林におけるニホンジカの生息状況及び森林被害の現況把握調査報告書. 197pp, 大阪.
- 小泉 透・矢部恒晶・椎葉康喜・井上 晋 (2004) 距離標本法によるニホンジカの密度推定. 九州森林研究, 57 : 131-134.
- Maeji, I., Yokoyama, S., Shibata, E. (1999) Population density and range use of sika deer (*Cervus nippon*), on Mt. Ohdaigahara, central Japan. J. For. Res. 4 : 235-239.
- Maruyama, N., Furubayashi, K. (1983) Preliminary examination of block count method for estimating number of sika deer in Fudakake. J. Mamm. Soc. Jap. 9 : 274-278.
- 丸山直樹・岩野泰三 (1980) 表日光におけるニホンジカのエアカウントの精度. 哺乳動物学雑誌, 8 : 139-143.
- Maruyama, N., Nakama, S. (1983) Block count method for estimating serow populations. Jap. J. Ecol. 33 : 243-251.
- 三重県 (2012) 特定鳥獣保護管理計画 (ニホンジカ) (第 3 期). 22pp, 津.
- 永田幸志・岩岡理樹 (2011) 丹沢山地礼掛地区におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) 生息密度. 哺乳類科学, 51 : 53-58.
- 仲真 悟・丸山直樹・花輪伸一・森 治 (1980) 青森県脇野沢村におけるニホンカモシカの直接観察にもとづく個体数推定. 哺乳動物学雑誌, 8 : 59-69.
- 落合啓二 (1997) カモシカ生息頭数既知の場所における区画法の精度検討. 哺乳類科学, 36 : 175-185.
- 小野勇一・徳永章二・土肥昭夫 (1983) 糞粒法によるツシマジカの個体数調査. 長崎県教育委員会・対馬町村会, 13pp. *
- 大井 徹・鈴木一生・堀野眞一・三浦慎吾 (1993) ニホンジカの空中カウントと地上追い出しカウントの比較. 哺乳類科学, 33 : 1-8.
- 佐藤宏明・神田奈美・古澤仁美・横田岳人・柴田叡弍 (2005) 奈良県大台ヶ原における糞粒法によるニホンジカの生息密度推定とその問題点. 保全生態学研究 10 : 185-193.
- Uno, H., Kaji, K., Saitoh, T., Matsuda, H., Hirakawa, H., Yamamura, K., Tamada, K. (2006) Evaluation of relative density indices for sika deer in eastern Hokkaido. Eco. Res. 21 : 624-632.
- 宇野裕之・横山真弓・坂田宏志・日本哺乳類学会シカ保護管理検討作業部会 (2007) ニホンジカ個体群の保全管理の現状と課題. 哺乳類科学, 47 : 25-38.
- 横山真弓・坂田宏志 (2007) 兵庫県におけるシカ保護管理計画の現状と今後の展望. 哺乳類科学, 47 : 73-79.
- 米田政明 (1993) 中大型哺乳類個体群調査の問題点と今後の方向性. 哺乳類科学, 32 : 175-183.
- *この文献は直接引用できなかった。