

和歌山演習林におけるニホンカモシカ(*Capricornis crispus*) およびニホンジカ(*Cervus nippon*)の生息数の推定

高柳 敦・吉村健次郎・竹内 典之

Estimation of Population Density of Japanese Serow and
Sika Deer in Kyoto University Forest in Wakayama

Atsusi TAKAYANAGI, Kenjiro YOSIMURA, Michiyuki TAKEUCHI

要 旨

京都大学和歌山演習林において糞塊法を用いて、ニホンカモシカおよびニホンジカの生息数調査を行った。調査プロットとしてモミ・ツガ天然林4、スギ・ヒノキ造林地5の計9個を設定した。プロットは、原則として200mのラインランセクトを取り、その両側4～9mを2～5名の調査員で調査した。調査は1986年5月、7月、11月（一部12月）、および1987年2月の計4回行った。発見糞塊の1/4を持ち帰り大きさを計測し、乾燥後重量を計った。また、ニホンカモシカとニホンジカの糞塊を識別するため、1986年12月に京都動物園で飼育されている両種の糞塊を採集した。

糞粒の大きさについては、動物園で採集したものでは、長さでは両種に差が見られず、直径に有意な差が見られ、ニホンジカの方が大きかった。しかし、野外から採集したものは、動物園のものより小さく、その1年仔の糞くらいの大きさしかなかった。また、直径/長さの値にだけ両種間で有意な差が認められた。しかし、直径/長さの値をもって動物園の資料と同種のもの糞塊であるかどうかを識別することはできなかった。乾燥重量と体積の関係を見ても両種間に識別できるような差は認められなかった。

野外で得られた糞塊のうち、1糞塊当り149粒以上の糞粒を含むものを総てニホンカモシカの糞塊と見なし、それ以下の各糞粒数階に属する糞塊数の149粒以上の糞塊数に対する比を理論的に求め、その比をかけることでニホンカモシカの糞塊とニホンジカの糞塊とに分けた。その結果は、カモシカの数がやや多めに推定されていると予想された。

それらをもとに生息密度を推定すると和歌山演習林全体で平方キロ当りニホンカモシカが1.7～2.3頭、ニホンジカが0.5～1.0頭となった。演習林全体の生息数は、ニホンカモシカが15頭前後、ニホンジカが5頭前後となった。

は じ め に

ニホンカモシカ (*Capricornis crispus*) についての研究は、その食害が全国的に大問題になるにしたがい、盛んに行われるようになった。

生息密度については、環境庁が1979年に発表したものをはじめ、全国各地で調査が行われてきている。その方法は、大別して、定点観察法、区画法、糞塊法の3つがある。これらの調査方法については、丸山ら¹⁾が概括してまとめている。

定点観察法は、実施場所が観察のしやすい所に限られ、しかも、調査精度を上げるためには、個体を識別して継続的に長期に渡って調査することが必要である。区画法は、一度に多くの調査員によりまとまった地域を調査することが必要である。今回はこれらの調査基準を十分に満たし得るような場所、人数を得られなかったので、糞塊法を用いて、生息密度の推定を行った。

糞塊法による生息密度の推定は、これまでも、ウサギ類、シカ類を中心に調査が行われてきている。ウサギ類では、Arnoldら²⁾、Taylorら³⁾平岡ら⁴⁾などにより研究がなされている。シカ類に関しては、北米ではBennettら⁵⁾以後、ミュールジカ (*Odocoileus hemionus*)、オジロジカ (*Odocoileus virginianus*) などの個体数推定方法としてさかんに用いられており、その調査精度を上げるための種々の検討がなされている。それらについては、Neff⁶⁾がまとめている。日本では、糞塊法はニホンカモシカの生息密度推定によく用いられてきている。その理論的基礎については、森下・村上⁷⁾により詳しく検討がなされており、今回もそれに準拠して行った。糞塊法は、ニホンジカ (*Cervus nippon*) についても応用できるが、日本ではほとんど用いられていない。また、ニホンカモシカとニホンジカの混生地で糞塊法を用いた例はわずかであり、今回の調査ではその応用を試みた。

調査にあたっては、和歌山演習林の方々には非常にお世話になった。また、実際の調査では京都大学野生生物研究会の松丸修君をはじめとするメンバーに協力してもらった。また、糞の形状などを調べるために、京都動物園に協力をお願いした。これらの方々に、ここで厚く感謝申し上げる。

調 査 方 法

調査は、京都大学和歌山演習林で行った。当初は、幼齢造林地での個体群の変動を調べる予定であったが、発見された糞塊数が非常に少なかったので、演習林内にみられる主な林相別の生息密度を推定できるように幼齢造林地、成林して林冠の閉鎖したスギ・ヒノキ造林地、モミ・ツガ天然林にいくつかのプロットを設定した(表-1)。8-2のプロットについては、調査が困難であること、糞塊数が少ないことにより、2回目以降の調査を中止した(表-2)。調査は、四季の各時期に一回ずつ行うようにした。プロットは、原則として、等高線沿いに200mのライントランセクトを設定し、その両側を2-4名の調査員が、幅2-6mでくまなく調査した。受持ち幅を一定にするため、測量用の赤白ポール(2m)を用いて、常に幅をチェックするようにした。糞塊の確認は、糞粒数が11粒以上のものを糞塊とし、糞の新しさや、位置、大きさをもとに1糞塊かどうかを決定して行った。

発見した糞塊については、その位置、大きさ、糞粒の新しさと数などを記録し、原則として、その1/4を採取した。そして次回の調査時に発見し易い。

ように、荷造り用のテープに糞塊ナンバー、調査日などをマジックで記入し、糞塊の近くの本などに縛り目印とした。糞粒数が多い場合には、200ccカップを用いて計量し、糞粒数を推定した。

糞の新しさは、次の4つに分けた。新：表面には光沢があつてぬるぬるし、柔らかく、中がきれいな緑色をしている。新古：表面にはやや光沢が残るが、柔らかさに欠く。中はやや茶色がかつた緑色をしている。古：表面には光沢がなく、堅いか、少し崩れ出している。ボロ：外側が崩れかけてボロボロになり出しているか、それ以上にくずれているもの。これらの分類のうち、新

Table 1 Outline of study plot. (Wakayama University Forest)

Plot Block	Forest type	Transect length (m)	Orientation	Elevation	Relative difficulty of finding
8-1 8	Plantation <i>C. Japonica</i> , <i>C. obtusa</i> (6-year-old)	200	NE	930	very difficult
8-2 8	Plantation <i>C. japonica</i> (7-year-old)	150	NNE	810-780	very difficult
8-3 8	Plantation <i>C. japonica</i> , <i>C. obtusa</i> (newly planted)	140	NNW	940	easy
8-4 8	Plantation <i>C. japonica</i> , <i>C. obtusa</i> (newly planted)	190	N	850	easy
7-1 7	Plantation <i>C. japonica</i> , <i>C. obtusa</i> (17-year-old)	220	NW-W	930	medium
6-1 6	Natural forest <i>A. filma</i> , <i>T. sieboldii</i> (once thinned)	200	E	870	medium
G-u 9	Natural forest <i>A. filma</i> , <i>T. sieboldii</i> (Resavation forest)	200	S	930	medium
G-m 9	Natural forest <i>A. filma</i> , <i>T. sieboldii</i> (Resavation forest)	200	SW-S	860	medium
G-1 9	Natural forest <i>A. filma</i> , <i>T. sieboldii</i> (Resavation forest)	200	S	700	easy

Table 2 Data of sampling

Plot	May (1986)			July (1986)			November (1986)			February (1987)		
	Area (m ²)	No. of men	Minutes per man·a	Area (m ²)	No. of men	Minutes per man·a	Area (m ²)	No. of men	Minutes per man·a	Area (m ²)	No. of men	Minutes per man·a
8-1	1600	4	68	2400	3	29	1600	2	52	1600	3	45
8-2	1200	4	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8-3	1120	4	18	2240	4	20	1120	2	29	2240	4.5	24
8-4	1520	4	24	3040	4	23	1520**	4	68	1520	3	24
7-1	—	—	—	3520	4	15	3960	3	20	1760	3	15
6-1	—	—	—	3200	4	15	—	—	—	1600	3	15
G-u	—	—	—	3200	4	11	1600	2	16	1600	3	11
G-m	—	—	—	3200	4	11	—	—	—	1600	3	9
G-1	—	—	—	3200	4	12	1600	2	16	1600	3	8

* Samplings were made on May 31, from 24 to 28 in July, on 15 and 16 in November and from 23 to 25 in January.

** The census couldn't be finished in November. So the census was entirely redone on 7 in December.

は排出後2, 3日以内の糞と考えられるものである。橋渡⁸⁾によると、糞は排泄後の1ヶ月の間に速やかに古糞程度の鮮度になり、その後は緩やかに腐敗する。従って、新古の糞はほぼ1ヶ月以内に排出されたものと考えられる。

採集した糞粒は、その日のうちにその長さや直径をノギスを用いて計測した。カップで計量したのものについては、粒数もあわせて数えた。採集した糞は調査終了後研究室に持ち帰り、重量を計測後乾燥機を用いて乾燥し、十分に乾燥した後に再び重量を計測した。

動物園においてもカモシカとシカの糞塊を採集し、野外から得たものと同様に処理した。動物園での採集は1986年12月3日に行った。

生息数の推定方法

糞塊法は、発見した糞塊数より単位時間内の糞塊付加数(A)を求め、一頭当りの単位時間内糞塊付加数(H)より、

$$n = \frac{A}{H} \quad (1)$$

として個体数(n)を推定する方法である。

森下・村上⁷⁾によると、Aは、糞塊の消失が、その時々が存在糞塊に対して一定の比率をもって行われるとした場合、糞塊の瞬間消失率をb、発見糞塊数をF'、糞塊発見率をαとすれば、糞塊数Fの瞬間増加量との関係から、

$$\frac{dF}{dt} = A - bF, \quad F = \frac{F'}{\alpha} \quad \therefore A = \frac{bF'}{\alpha(1-e^{-bt})} \quad (2)$$

Fが一定の場合は $dF/dt=0$ として

$$A = \frac{bF'}{\alpha} \quad (3)$$

糞粒数の減少に伴う糞塊の消失(従属消失)がある場合は、糞粒数が11以下になるまでに要する平均時間をθとすると

$$A = \frac{bF'}{\alpha(1-e^{-b\theta})} \quad (4)$$

Fが変化する場合、 t_i 時の発見糞塊数を F'_i 、 t_{i+1} 時の新発見糞塊数を F'_{i+1} 、時間 $\tau_i (= t_{i+1} - t_i)$ の間の単位時間内糞塊付加数を A_i 、その間bおよびα一定とすると

$$A_i = \frac{b\{F'_{i+1} - F'_i(1-\alpha)(1-D)\}}{\alpha D} \quad (5)$$

ただし、 $D = (1-e^{-b\theta})$ 。Fが変化する場合、従属消失率を D' とすると、 τ_i 間の付加糞塊に対しては、近似的に $D'/2$ とできるとするならば、(5)式を変形して、

$$A_i = \frac{b}{D} \cdot \frac{1}{1 - \frac{D'}{2}} \{F'_{i+1} - F'_i(1-\alpha)(1-D)\} \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

bとDは実際には、糞塊瞬間全消失率(b'')と糞塊全消失率(D'')で置き換えても大きな違いはない。

糞粒法の場合、発見糞塊数を f_0 、糞粒発見率をβとすると、糞粒の消失には糞塊独立消失率と糞塊内糞粒消失率(c)とが影響するから、F一定の場合は(4)式より

$$A_{f_0} = \frac{(b+c)f_0'}{\beta(1-e^{-(b+c)\theta})} \quad (7)$$

Fが変化する場合、 t_i 時の発見糞粒数を f'_i 、 t_{i+1} 時の新発見糞粒数を f''_{i+1} 、 t_i 間、糞粒消失率 d 、糞粒瞬間消失率 e' (= $e+b$)および β 一定すると

$$A_{ih_0} = \frac{e\{f''_{i+1} - f'_i(1-\beta)(1-d)\}}{\beta d} \quad (8)$$

となる。

結 果

1 糞塊と糞粒の消失率

糞塊法および糞粒法より個体数を求める時に、最初に知る必要のあるパラメータは、糞塊と糞粒の各種消失率である。消失率を知るためには、継続して調査を行い、前回発見した糞塊および糞粒の消失率が分からなければならない。今回の調査では、発見糞塊には目印をつけたにもかかわらず、再発見率は1よりかなり小さく、後述する推定糞塊発見率と大差がない値となった。これは、主に、目印として用いた荷造り用のテープ(幅約4 cm)が、裂けたり脱色したりするなど、目印として適切でなかったことによると考えられる。

再発見された糞塊をもとに推定した消失率を表-3に示す。これらの値については、森下らの報告では、 $e'=0.1320$ 、 $e=0.1141$ 、 $b=0.00179$ となっており、それと比較すると今回の値はかなり高い。このうち、調査全体で得られた糞塊内糞粒消失率(c)の0.0874は、小野ら⁹⁾が野外実験で求めた0.0895とほぼ等しく、 e' が非常に高いことが消失率に与える影響が大きくなっている。これは、糞塊が、糞塊内の糞粒の減少による消失(従属消失)によるより、糞塊内糞粒数とは無関係な独立消失によって消失することの方が大きいことを示していると考えられる。この地域には、ニホンジカも生息しているため、全体の糞塊数もこれまでの報告に比べてはるかに糞粒数の少ない小糞塊の方へ偏っている。独立消失は、糞塊

Table 3 Loss rates of pellets and pellet-groups.
Pellets that couldn't be rediscovered are excluded.

Plot	Period	Length of period (month)	Pellet-groups			Pellets			Pellet-groups	
			No. of pellet-groups examined	Total loss rate (D'')	Instantaneous total loss rate (b'')	No. of pellets examined	Total loss rate (d)	Instantaneous total loss rate (e')	Instantaneous within-group loss rate (e)	Instantaneous size-independent loss rate (b)
8-1	Nov. 1986~Feb. 1987	3.3	4	0.5000	0.1485	485	0.8928	0.2652	0.2556	0.0096
8-3	Nov. 1986~Feb. 1987	3.3	6	0.5000	0.1515	204	0.5882	0.1783	0.0459	0.1811
8-4	May 1986~July 1986	1.8	2	0.5000	0.2727	102	0.2843	0.1551	0.0715	0.0836
	Nov. 1986~Feb. 1987	3.3	5	0.8000	0.2400	160	0.8936	0.2591	0.1300	0.1468
	Dec. 1986~Feb. 1987	2.6	15	0.7333	0.2057	746	0.8700	0.2616	0.1869	0.0783
7-1	Nov. 1986~Feb. 1987	3.3	7	0.7143	0.2122	1518	0.7148	0.2123	0.0047	0.2076
6-1	July 1986~Feb. 1987	7.1	6	0.0000	0.0000	360	0.0833	0.0117	0.0117	0.0000
Total mean		3.5	45	0.6744	0.1893	3575	0.6962	0.1989	0.0874	0.1359

内糞粒数に無関係に起こるものと仮定されているが、実際には小糞塊の方が消失率が高いことが考えられ、このように小糞塊が多いことが、糞塊の消失率を高める方向へ作用したことも考えられる。例えば、標本数は少ない ($n=5$) が、発見時には245粒以上で、再発見された糞塊の瞬間消失率 (b'') は、0.0412となり、森下ら⁷⁾ の0.0428に近い値を示す。

しかし、後述するように、今回得られた値を用いて計算すると、推定発見率が高くなり過ぎてしまい、これらの値は高過ぎると言える。

以上のような理由から、今回は、糞塊瞬間消失率 (b'')、糞粒全消失率 (c')、糞塊内糞粒消失率 (c)、糞塊独立消失率 (b)、には、森下ら⁷⁾ の値を用いることにした。小野ら⁹⁾ は祖母・傾山系において白山での値とほぼ同じ値を得ており、和歌山演習林とは自然条件が異なるが、白山での値をここで用いてもそれほど妥当性を欠いていないと考えられる。

2 糞塊と糞粒の発見率

調査プロット内の全存在糞塊数が分からない限り、正確な発見率を導き出すことはできない。森下ら⁷⁾ は、新糞塊の糞粒数別糞塊分布を単位時間当たり糞塊付加数とし、この値と糞塊独立消失率 (b)、糞塊内糞粒消失率 (c) とを一定と仮定して、近似的に糞粒数別糞塊分布を計算し、それをもとに発見率の吟味を行っている。それによると、糞塊内糞粒数を自然対数変換値で表すと、それが u だけ減少するあいだの糞塊独立残存率は、

$$e^{-b \frac{u}{c}}$$

となるから、この値を各糞粒数 (自然対数変換値) 階の糞塊数にかけて求めた糞粒分布を、次々に重ね合わせることで、糞粒数別糞塊分布を近似的に求めることができる。

今回の調査で一番資料の充実した、1986年11月の8-3、8-4のプロットについてこれをあてはめてみる。単位時間を1ヶ月とすば、新および、新古のクラスの糞塊は、単位時間内に新しく排出された糞塊と考えることができる。そこで、その糞粒数別糞塊分布 (図-1) を付加糞塊の糞粒分布とし、 u を0.5きざみにとり、 $b=0.0179$ 、 $c=0.1141$ として計算した結果を図-2に示す。これを見ると、55粒以上の糞塊の発見率は、ほぼ1に近い。森下ら⁷⁾ では、245

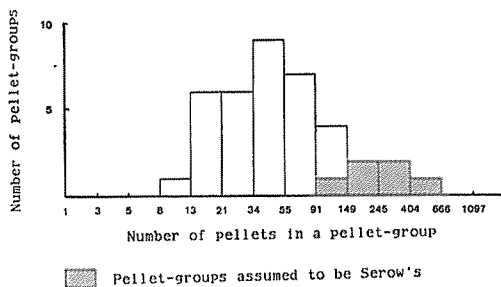


Fig. 1 Distribution of new pellet-groups discovered at the census in Nov. & Dec. 1986.

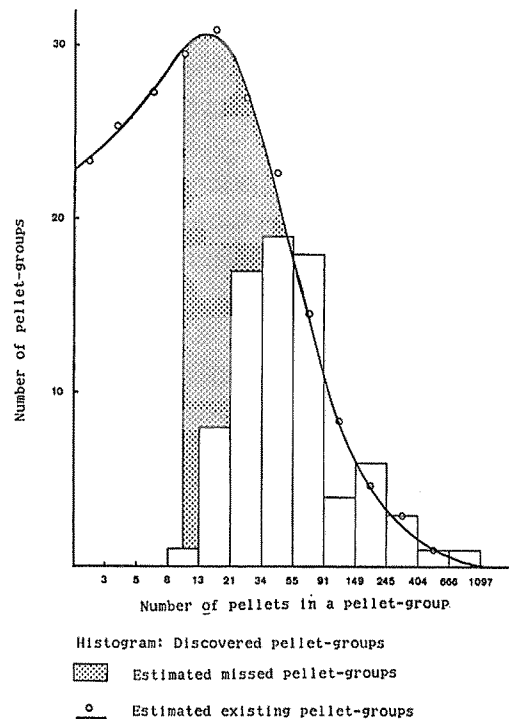


Fig. 2 Estimation of the number of pellet-groups missed at the census in Nov. & Dec. 1986

粒以上、小野ら¹⁰⁾では、520粒以上で発見率が1になるのに対し、55粒は非常に低い値であるが、大糞塊が少ないため、小糞塊に対しても注意力が回り、発見率が向上したものと考えられる。調査時間の点でも、森下らが白山で発見率を求めるために行った調査では、調査速度は20～23分/人・aであり、それと表一2の結果とを比べてみても11月の8-3、8-4プロットの調査は十分に時間をかけてやっている。また、ここは幼齢造林地であり、11月にはイチゴ類が繁茂したが地面はそれほど落葉にも覆われておらず、発見が困難なことはなく、55粒以上の発見率がほぼ1に近いことは信頼できる。

55粒未満の糞塊の発見率は、0.41であり、この値は、これまでの報告とほとんど同じ値である。この値は、55粒以上の糞塊の発見率を1としているが、実際には、見落としがあるだろうから、これを森下ら⁷⁾に習い0.9とすると、発見率は0.37となる。但し、8-1、8-2での再発見率は、8-3、8-4の値の75%程度になったので、これらのプロットについては、0.37に0.75をかけた0.28を発見率とする。なお、この推定において、今回の調査で得られた消失率を用いると、発見率は50%を越え、高くなり過ぎるので、得られた消失率は高過ぎると言えよう。

存在糞粒数については、図一2の各糞塊数にそのクラスの平均糞粒数をかけて求め、糞塊の場合と同様にして発見率を求めると、0.51となる。この値は、これまでに報告されている0.80（森下ら⁷⁾）、0.84（小野ら⁸⁾）に比べてかなり低い値となっている。これは、今回の調査では小糞塊の数が多いことの影響であろう。

3 ニホンカモシカとニホンジカの糞塊の識別

今回の調査地には、ニホンカモシカとニホンジカが混生している。高槻¹³⁾によれば、ニホンカモシカとニホンジカでは、1日当りの排糞粒数には大差はないが、排糞回数は大きく異なる。従って、ニホンカモシカとニホンジカの糞塊を見分けることが、糞塊法を適用する上でどうしても必要である。偶蹄目の糞塊の識別については、アメリカでは、これまでにいくつかの報告^{12,13)}がある。しかし、ニホンカモシカとニホンジカについては、そのような研究は、まだほとんどなされていない。

ニホンカモシカとニホンジカの糞を形状から見分けることは、非常に困難であると考えられている。そのため、野外で識別する場合、普通は、ニホンカモシカはややししゃがみ込みながら排糞するのに対し、ニホンジカは立ったまま、または動きながらすることもあるという違いが生むと考えられる糞塊の形状の違い、ニホンカモシカは、ため糞をすることがあるが、ニホンジカはしないという違い、一回の排糞粒数が、ニホンカモシカが300粒前後、ニホンジカが90粒前後という違い、などを考慮して発見糞塊の状況から判断する。

しかし、形状の違いがあるという意見もあり、実際、野外でも形状に違いがあるように思われる時もある。そこで、今回、形状の違いのうち大きさについて比較してみた。

表一4に計測結果を示す。糞粒の中には、長さが直径よりも短いものも存在するが、表に示したのは、それらのものを除いた値である。

動物園のニホンカモシカとニホンジカでは、長さに関してはほとんど差がないが、直径ではニホンカモシカ、ニホンジカの約3/4しかない。直径/長さの比でみるとニホンカモシカが0.60、ニホンジカが0.76となる。

和歌山演習林で採集した糞粒は、動物園のものより明らかに小さく、動物園で一年仔のもの程度の値しかない。食物より糞の形状や、糞粒数が変わるという報告^{14,15)}があり、糞の大きさも変わっている可能性がある。カモシカの糞塊の大きさについて、これまでの報告を見ると、長さおよび直径は、白山では14.50～17.01mmと8.70～9.39mm⁷⁾ 中央アルプスでは18.5～19.5mmと8.3～

Table 4 The average size of pellets

Species	No. of pellet groups	No. of pellets measured	Length (A) (mm)	Diameter (B) (mm)	B/A
Zoo					
Serow	4	518	15.231±2.478	8.881±0.733	0.595±0.089
Deer	4	160	15.251±1.511	11.559±1.055	0.764±0.089
Serow (yearling)	1	169	12.002±1.657	7.751±0.639	0.656±0.090
Deer (fawn, juvenile)	2	165	11.929±1.744	7.277±0.227	0.617±0.006
Field					
Serow	17	662	12.696±2.641	7.703±1.518	0.617±0.111
Deer	4	57	11.525±3.206	7.374±1.712	0.661±0.133

9.3mm⁸⁾であり、直径/長さの比では、白山が0.56~0.61、中央アルプスが0.43~0.50となっている。白山の値は、動物園の値に近い。

和歌山演習林で採集した糞粒では、直径/長さの比にだけ、両種の間で有意な差が認められた。そこで、採集した糞粒の各々につき、動物園のニホンカモシカとニホンジカとの間でこの比に有意な差があるか検定を行った。検定方法は、等分散の場合には、t検定を、分散が等しくない場合には、Welch のt検定を行った¹⁰⁾。どちらの場合も危険率は5%とした。

野外で採集した糞塊のうち、状況から種が判別できたものの結果だけを表一5に示した。これを見ても分かるように、今回の結果からは、糞の形状からニホンカモシカかニホンジカかの判断をすることはできないといえよう。

ニホンカモシカとニホンジカの間では、一粒当りの乾燥重量も違い、ニホンカモシカはニホンジカに比べて軽い。そこで、両者の体積と乾燥重量の関係の間に差がないかどうかを検討してみた。体積は、便宜的に、長さ×(直径)²として求めた。また、腐敗の進んでいる糞塊では体積の割に重量が軽くなっていることも考えられるので、新糞、新古の糞だけを対象とした。

図一3にその結果を示した。動物園と野外とで違いがあるようには見えないので、回帰直線は、両者をまとめて求めてある。

ニホンカモシカはニホンジカに比べ体積に対する重量の増加割合が高いが、その範囲は重なっ

Table 5 The results of test for equality of diameter/length ratio mean value between in pen and in field.

Species (field)	Serow		Deer	
	Coinci- dence	Other	Coinci- dence	Other
No. of cases	4	11	1	4
Rate to all cases (%)	26.7	73.3	20.0	80.0

* Coincidence means no significant ($p > 0.05$) between same species and significant between different species.

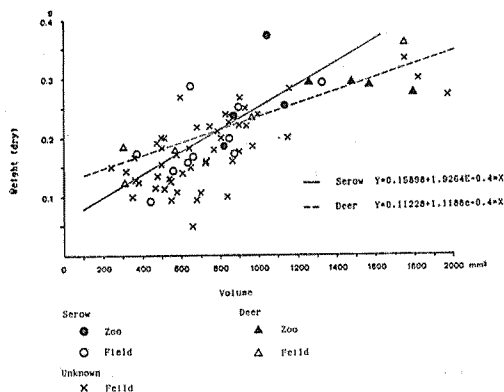


Fig. 3 The relation between average volume and weight covered at the census in a pellet-group.

ており、両者を体積と重量の比から識別することは不可能であろう。

以上のように、糞の形状や重量の違いから、どちらの種の糞塊かを判断することはできなかった。これまで、ニホンカモシカとニホンジカの混生地で糞塊調査が行われた例は、九州での小野らの一連の研究があるだけである。小野らは、ニホンカモシカとニホンジカを識別する基準として、100粒以下の糞塊をシカのものとしたり¹⁷⁾、一方の種のみ生息すると予想される地域から採集された糞塊の糞粒分布をもとに、同一の糞粒数階に属する両種の糞塊数の比を計算し、その比を発見された各糞粒数階の糞塊数にかけることによって、両種の割合を推測したりしている¹⁸⁾。

しかし、この比率は、両種の生息密度が違えば当然変わるはずであり、識別法として用いるには難がある。

Morisita et al.¹⁹⁾ は、白山で得られた新糞塊の糞粒分布は対数正規であったと報じているが、その分布の中心は149粒から404粒の間にみられる。そこで、図一1に示した糞粒分布の内、149～404粒の糞塊を中心にした斜線の部分をニホンカモシカによるものとし、これに発見率の吟味の際に用いたのと同様の方法を用いて、存在糞塊数を理論的に近似した。そして、その各糞粒数階ごとの糞塊発見率をかけて、発見されるであろう糞塊数を求めた(図一4)。149粒以上の新糞塊を全てニホンカモシカのものとしたが、小野ら¹⁸⁾は245粒以上の糞塊は全てニホンカモシカと推測しており、また高槻らの報告¹¹⁾からも、ニホンジカの糞塊が149粒以上になることはほとんどないと考えられるので、今回の報告では、149粒以上の糞塊は、全てニホンカモシカの糞塊とした。

さて、このようにして求めた糞粒分布のうち149粒以下の各糞粒数に属する糞塊数について、その149粒以上の全糞塊数に対する割合を求めた。この際、404粒以上を

含まない場合(I)と404粒以上を含む場合(II)とに分けた。この割合をもとに、発見糞塊のうちのニホンカモシカの糞塊の割合を推定した。即ち、糞塊内糞粒数が149～403粒に属する糞塊が発見されたときには、それに(I)の各比率をかけたものを、404粒以上の糞塊が発見されたときには、(II)の各比率をかけたものを、その糞粒数階のニホンカモシカの糞塊数とした。小数点以下については四捨五入し、各糞粒数階に属する糞塊が発見されたときには、そこから、先に求めた推定値を引いたものをシカの糞塊数とした。

各センサスでの新発見糞塊数に、以上の操作を行い推定したニホンカモシカとニホンジカの糞塊数を示したのが表一6である。糞粒数については、各糞粒数階の総糞粒数にニホンカモシカおよびニホンジカの糞塊数の比率をかけて算出した。

1糞塊当りの糞粒数は、総数でみると、ニホンカモシカが195粒、ニホンジカが84粒となる。ニホンカモシカの値は森下らの報告にある約150～300粒の範囲内にあり、それほど誤った数値ではないだろう。ニホンジカでは阿部ら²⁰⁾が金華山で得た約50粒と比べてやや小さく、ニホンジカの糞粒分布は小さい方に偏っていると考えられる。おそらく、50～148粒の糞塊で、もう少しニホンジカの糞塊の割合が多いと思われる。この点についてはさらに補正が必要である。以上より、表一6のカモシカの糞塊数はやや過大に、シカの糞塊数はやや過小に評価されていると予想される。

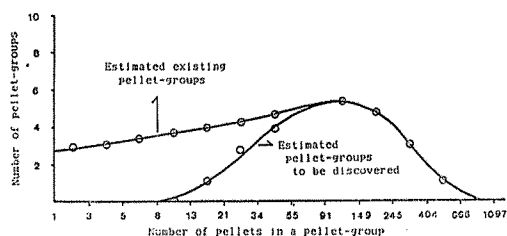


Fig. 4 Estimation of the number of Serow's pellet-groups to be discovered at the census in Nov. & Dec. 1986.

Table 6 Estimated number of pellet-groups and pellets distributed to each of species.
All numbers are those of pellet-groups and pellets newly discovered.

Plot	Species	Month of census								Total		
		May 1986 No. of pellet- groups	No. of pellets	July 1986 No. of pellet- groups	No. of pellets	Nov. & No. of pellet- groups	Dec. 1986 No. of pellets	February 1987 No. of pellet- groups	No. of pellets	area (ha)	No. of pellet- groups	No. of pellets
8-1, 8-2	Serow	4	500	0	0	4	656	4	844	0.84	12	2000
	Deer	13	383	8	273	2	45	3	71		32	772
8-3, 8-4	Serow	2	326	0	0	32	4641	0	0	1.432	34	4967
	Deer	3	67	2	39	46	2034	6	216		57	2356
7-1	Serow	—	—	0	0	10	2458	0	0	0.924	10	2458
	Deer	—	—	8	359	3	33	0	0		11	392
6-1	Serow	—	—	4	1560	—	—	4	1670	0.48	8	3230
	Deer	—	—	0	0	—	—	5	100		5	106
G-u, G-m	Serow	—	—	6	989	0	0	0	0	1.76	6	989
G-1	Deer	—	—	2	24	0	0	2	39		4	63
Total	Serow	6	826	10	2549	46	7755	8	2514	5.436	70	13644
	Deer	22	450	20	695	51	2112	16	216		109	3689

5 生息密度の推定

表一6の値をもとに個体数の推定値を行う。ここで、必要なパラメーターの値をあげておく

糞塊瞬間消失率 (b'') = 0.0428 糞塊独立消失率 (b) = 0.0179

糞粒全消失率 (c') = 0.1320 糞塊内糞粒消失率 (c) = 0.1141

(以下、森下ら⁷⁾より)

糞塊発見率 (α) = 0.37ただし8-1, 8-2のプロットでは α = 0.28

糞粒発見率 (β) = 0.51ただし8-1, 8-2のプロットでは β = 0.38

単位時間排糞塊数 (H) は, ニホンカモシカではこれまで使われてきた値を, ニホンジカについては高槻ら¹⁰⁾より

$H = 90$ (ニホンカモシカ) $H = 360$ (ニホンジカ)

単位時間排糞粒数 (h_0) は, ニホンカモシカについては動物園での実験的研究により高槻ら¹⁰⁾妥当としている300を, ニホンジカについてはその報告から90を用いた。

推定式は, 条件によりいろいろなものが考えられる。森下ら⁷⁾は(6)式を第Ⅰ法, (5)式を第Ⅱ法とし(森下らの報告では, 各時点の発見率, 消失率を異なるものとしている), 両式を用いて得られた結果の差は大きくないので簡便な第Ⅱ法でもよいだろうとしている。小野ら¹⁰⁾は, (4)式を第Ⅰ法, (3)式を第Ⅱ法として計算している。今回は糞塊の密度が変わっているため, 糞塊法では(5), (6)式を, 糞粒法では(8)式を用いるべきである。しかし, これらの式による計算結果は他の式の結果と比べ不安定なものになった。これらの式では, 調査と調査との間の期間でパラメーターを求めなければならないが, それを一定として推定しているためにそうなったと思われる。従

Table 7 Estimated density of serow and deer population (head/km²)

Plot	Estimation equation*	Month of census								Total mean of plot	
		May in 1986		July in 1986		Nov. & Dec. in 1986		February in 1987			
		Serow	Deer	Serow	Deer	Serow	Deer	Serow	Deer	Seqow	Deer
8-1, 8-2	(3)	2.43	2.12	0	1.04	4.25	0.39	4.25	0.59	2.43	1.19
	(4)	2.45	4.51	0	2.21	4.29	0.83	4.29	1.24	2.45	2.53
	(7)	2.11	1.76	0	1.46	4.84	0.36	6.23	0.57	2.81	1.18
3-3, 8-4	(3)	0.97	0.26	0	0.09	15.58	4.06	0	0.37	3.05	0.93
	(4)	0.98	0.57	0	0.19	15.76	8.75	0	0.80	3.09	2.00
	(7)	1.09	0.24	0	0.07	15.42	7.39	0	0.55	3.05	1.58
7-1	(3)	—	—	0	0.53	3.25	0.18	0	0	1.39	0.28
	(4)	—	—	0	1.14	3.28	0.38	0	0	1.41	0.60
	(7)	—	—	0	0.98	5.46	0.08	0	0	2.34	0.41
6-1	(3)	—	—	1.61	0	—	—	3.21	0.73	2.14	0.24
	(4)	—	—	1.63	0	—	—	3.25	1.57	2.17	0.52
	(7)	—	—	4.29	0	—	—	9.18	0.64	5.92	0.21
G-u, G-m G-l	(3)	—	—	2.41	0.15	0	0	0	0.29	0.44	0.05
	(4)	—	—	2.44	0.31	0	0	0	0.63	0.44	0.11
	(7)	—	—	2.76	0.07	0	0	0	0.23	0.49	0.03
Total mean	(3)	1.61	1.08	0.54	0.19	5.19	1.04	0.76	0.28	1.66	0.47
	(4)	1.63	2.31	0.54	0.42	5.25	2.25	0.77	0.59	1.67	1.01
	(7)	1.53	0.91	0.93	0.28	5.99	1.78	1.64	0.15	2.21	0.65

* See "Equations for estimating density" (p. 4).

ってこれらの式を今回の個体数推定に用いるのは不適切と考えた。

従って、(3)、(4)、(7)の各式を用いて個体数を推定した。(4)、(7)の式で用いた h_0 の値のうち、ニホンジカの90粒という値は、今回の調査で得られた結果(41粒)より高い値であるので、ニホンジカの個体数は、結果よりやや高い可能性がある。

結果は表一7に示した。推定式による個体数の差は、ニホンカモシカでみた場合、2つの糞塊法の間ではほとんど差がないが糞粒法の数値は、その2倍以上の開きが生じている場合が見られる。これは、推定による1糞塊当り糞粒数が多過ぎるためで、例えば総数で計算した場合には、(7)式で求めた糞粒数を(3)式で求めた糞塊数で割ると、1糞塊当り445粒となってしまう。ニホンジカに推定値では、糞粒法の方が個体数が低くなっている。そこで、総数について(7)式で求めた糞粒数を(4)式で求めた糞塊数で割ると53粒となり、仮定した90粒よりかなり低くなる。このことも、ニホンカモシカの糞塊数が糞粒数の多い方に偏り、ニホンジカの少ない方に偏っていることを示しており、実際のニホンカモシカの個体数は、この推定値よりやや小さく、ニホンジカでは逆にやや大きいと考えられる。

考 察

糞塊法でまず問題になるのは、調査場所の設定である。例えば、調査可能な場所はニホンカモシカなどにとっても利用し易い場所である可能性が高く、推定値が高くなる恐れがある。Neff⁶⁾は、全ての向きの斜面に設定することが、調査精度を上げるのによいとされている。今回の調査でも、同じ天然林でありながら、6林班と学術参考林では密度が5倍近く異なっており、同じ林相であっても、斜面や谷別にプロットを設定する必要があることを示している。

時期による違いも大きく、比較的安定した生息密度を示しているのは、8—1くらいである。一回限りの調査では、いくら精度の高い調査をしても、それだけで密度推定するのは危険があると言えよう。

プロットのサイズおよび数については、Rogers ら²¹⁾は、同じ面積を取るならば、小面積のプロットを数多く取った方が精度が高いとしている。しかし、小面積のプロットの場合、面積に比べて周囲の長さが多くなり、プロットの内か外かの判断の影響が大きくなる²²⁾、数多くのプロットを取るのが大変である^{4, 22)}などの問題があり、プロットのサイズと数は、適切なサンプリングの方法については今後の課題である。

生息密度は、総平均でみると平方キロ当たりニホンカモシカが1.7~2.2頭、ニホンジカが0.5~1.0頭となる。和歌山演習林全体の個体数は、この値に単純に総面積をかけると、ニホンカモシカで14~19頭、ニホンジカで4~9頭となる。11・12月の8—3、8—4のプロットの値は非常に大きく、他地域からの移動個体がいた可能性があるので、それを除くと、ニホンカモシカが8~13頭、ニホンジカが2~5頭となる。また、人工林に対し7—1の値を、針広混交林に対し6—1の値を用いると、その他の地域を除いても、ニホンカモシカが11~22頭、ニホンジカが2~4頭となる。実際には、ニホンカモシカが20頭以下15頭前後、ニホンジカが、10頭以下5頭前後と予想される。ニホンジカについては、推定値はやや小さいと思われるが、それを考慮したとしても15頭にはならないと思われる。

以上のように、ニホンカモシカの方が約2倍の生息密度を保っている結果が出た。ニホンカモシカは browser (木の芽食い) 的、ニホンジカは grazer (草食い) 的といわれており、そのような違いが生息密度に影響しているのかも知れない。この点については、食性・生息環境の利用の仕方などを調べなければ、分からないことであり、今後さらに総合的な研究をする必要がある。

ニホンカモシカおよびニホンジカの生息環境としては自然林がよく、人工林は不適切であると言われてきた^{18),23)}。今回の調査でも、その傾向がみられ、6-1の方が、7-1よりも密度が高かった。しかし、人工林の利用度が必ずしも0になるとは言えないように思われた。7-1での11月の調査時には、かなり頻繁に使われているシカ（カモシカ）道が形成されており、季節によっては人工林も、除地や谷筋ある植物（例えばヤハズアジサイなど）を採食したりして、利用していると考えられる。

学術参考林ではニホンカモシカもニホンジカも他の地域に比べて生息個体が非常に少ない。G-1では、秋以降降林地道工事が行われ、その影響があったと考えられるが、G-n, G-uではそのような条件は何もなく、この低密度は学術参考林全体で言えると考えられる。ここは、演習林の中でも一番林相のよく保存されている所であるが、この個体数が自然状態での生息密度と言えるかどうかは分からない。学術参考林の両側は人工林であり、面積的に小さく分断されており、そのために生息数が少ない可能性もある。

8-3と8-4のプロットでは、11・12月に7月の10倍以上もの生息密度を示した。2月の調査では、前日に5～10cmの降雪があったため、調査の精度がかなり低いと予想されるが、それでも11・12月より出現個体が少ないことは確かである。このように一時的に利用度が高まったのは、冬前の食物を多く必要とする時期だったこと、それまで何もなかった造林地にイチゴ類が急激に繁茂して供給可能餌量が増大したことなどが考えられる。そして、冬期には、それらが枯れたために造林地へ出てこなくなったと考えられる。

この事実は、ニホンカモシカやニホンジカが森林環境の変化をうまく利用しながら、個体群を維持している可能性を示している。成林した人工林は、確かに餌環境としては悪い条件にあるが、ニホンカモシカやニホンジカが天然林・成林した造林地・幼齢造林地を含めた全体を生息環境として利用しているとすれば、古林²³⁾も指摘しているように、これらの森林が一定面積内にどのような割合で、どのように配置されているかが、これらの動物を管理して行く上で重要になるであろう。

人工林化が進めば、餌場としての幼齢造林地の価値が高くなることが予想される。従って、人工林率の高い地域では、新たに幼齢造林地ができると餌場として集中的に利用されることが考えられる。つまり食害が生じる可能性が高くなる。しかも、幼齢造林地の餌供給量がその地域個体群を維持して行く上で重要であるとしたら、餌植物を供給しながら食害を防ぐことがニホンカモシカ、ニホンジカを管理して行く上で重要な課題となってくる。これまで、食害の発生は、森林の不適切な管理、行き過ぎた人工林化のせいにされることが多かったが、近畿圏では林業の盛んな地域での高人工林化は必ずしも不適切とは言えず、食害を自然生態系の破壊から生じるものとしてではなく、人間活動も含めた生態系に恒常的なものとして考え直して行くことが必要であろう。

引用文献

- 1) 丸山直樹・古林賢恒：ニホンカモシカの分布域、生息密度、生息頭数の推定について、環境庁。48pp, 1979
- 2) ARNOLD, J. F. and REYNOLDS, H. G.: Droppings of Arizona and antelope jackrabbits and the "pellet census". J. Wildl. Mgmt. 7 (3). 322-327, 1943
- 3) TYLOR R. H. and WILLIAMS, R. M.: The use of pellet counts for estimating the density of populations of the wild rabbit. New Zealand J. Sci. and Tech. Sect. B. 38 (3). 236-256, 1956
- 4) 平岡誠志・渡辺弘之・寺崎康正：糞粒数によるノウサギ生息密度の推定。日本林学会誌。59 (6). 200-206, 1977

- 5) BENNET, L. J., ENGLISH, P. F. and MCCAIN, R.: A study of deer populations by use of pellet-group counts. *J. Wildl. Mgmt.* 4 (4). 398-403, 1940
- 6) NEFF, D. J.: The pellet-group count technique for big game, trend, census, and distribution; a review. *J. Wildl. Mgmt.* 32 (3). 597-614, 1968
- 7) 森下正明・村上興正：ニホンカモシカの生態学的研究. 白山の自然. 白山学術調査団編. 石川県. 276-321, 1970
- 8) 橋渡勝也：カモシカの生活痕跡・生息密度と個体群の成長Ⅴ—A生活痕跡. ニホンカモシカ生息環境調査研究報告書. 長野営林局. 117-140, 1979
- 9) 小野勇一・東和敬・土肥昭夫・山口迫：祖母山系（障子岩・大障子岳一体）のカモシカの生息状況に関する調査報告. 大分県文化財調査報告書第36輯. 大分県教育委員会. 20pp, 1976
- 10) 小野勇一・東和敬：祖母山系におけるニホンカモシカの生息状況に関する調査報告. 大分県文化財調査報告書第29輯. 大分県教育委員会. 15pp, 1973
- 11) 高槻成紀・鹿股幸喜・鈴木和男：ニホンジカとニホンカモシカの排糞量・回数. *日本生態学会誌.* 31 (4). 435-439, 1981
- 12) PEEK, J. M. and KEARY, J. A.: Fecal pH comparisons among three species of ungulates in Idaho. *J. W. Wildl. Mgmt.* 43 (3). 796-798, 1979
- 13) MACCRACKEN, J. G.: Intraspecific changes in fecal pH. *J. Wildl. Mgmt.* 44 (4). 752-756, 1980
- 14) SMITH, A. D.: Defecation rate of mule deer. *J. Wildl. Mgmt.* 28 (3). 435-444, 1964
- 15) 羽田健三・山田拓・木内忠一・中川孝雄・香川浩志・木内清：カモシカの生活史の研究Ⅰ 1965年度の志賀山における糞の分布解析について. 志賀高原生物研究所研究業績. 4. 1-18, 1965
- 16) 脇本和昌・垂水共之・田中豊編：パソコン統計解析ハンドブック（Ⅰ）基礎統計編. 共立出版. 東京. 1-72, 1984
- 17) 中園敏幸・小野勇一：熊本県におけるカモシカ生息状況に関する調査報告. 特別天然記念物調査報告書カモシカ生息分布. 熊本県文化財調査報告書第71集. 熊本県教育委員会. 8-37, 1985
- 18) 小野勇一・東和敬・土肥昭夫：祖母・傾山系におけるカモシカの二次林の利用について. 特別天然記念物かもしかに関する調査研究報告書. 日本自然保護協会調査報告書第55号. 日本自然保護協会. 東京. 189-199, 1978
- 19) MORISITA, M., MURAKAMI, O. and ONO, Y.: Estimation of population density of the Japanese serow, *Capricornis crispus* Temminck, by the pellet and pellet-group count methods. *JIBP. Synthesis* 17 (MORISITA, M., ed.). 138-160, 1977
- 20) 阿部真幸・吉原耕一郎：金華山におけるシカ (*Cervus nippon centralis*) の糞の地域的分布とその季節の変動. 陸上生態系における動物群集の調査と自然保護の研究昭和44年度研究報告. 196-211, 1970
- 21) ROGERS, G., JULANDER, O. and ROBINETTE, W. L.: Pellet-group count for deer census and range-use index. *J. Wildl. Mgmt.* 22 (2). 193-199, 1958
- 22) SMITH, R. H.: A comparison of several sizes of circular plots for estimating deer pellet-group density. *J. Wildl. Mgmt.* 32 (3). 585-591, 1968
- 23) 古林賢恒：カモシカによる造林木への食害と植生との関係. 然記念物カモシカ調査報告書. 群馬県教育委員会. 53-90. 1978

Résumé

The pellet and pellet-group counts was applied to estimation of population density of both Japanese serow (*Capricornis crispus*) and sika deer (*Cervus nippon*) in Kyoto University Forest in Wakayama. Pellet-groups were counted on 4 belt transects in natural forest, 4 in young plantation and 1 in 17-year-old plantation. Censuses were carried out in May, July, November, December of 1986 and in February of 1987. One forth of pellets of each pellet-group discovered were sampled. Pellet groups of each species in zoo were also sampled in December 1986.

The average size of pellets of serow in zoo was as same as those of deer in length but smaller in diameter. Sizes of pellets sampled at censuses were much smaller than those of zoo in both length and diameter. So it was impossible to identify the species of pellet-groups found in the fields by the size of pellet contained (Table 5&6).

Pellets discovered in the feild were distributed to serow and deer thoretically. Pellet-groups with more than 149 pellets were regarded as those of serow. The rates of number of pellet groups in each size to number of pellet-groups which contained more than 149 pellets were calculated (Table 7).When pellet-groups having more than 149 pellets were discovered the number of smaller size of pellet-groups were multiplied by the rates. This method seemed to distribute more pellet-groups to serow than actual (Table 9).

Estimated number of density of serow ranged from 1.7 to 2.2 per km² and that of deer ranged from 0.5 to 1.0 per km² in study area (Table 11). These results means that there lived about 15 serows and about 5 deers in this area.