

# ニホンカモシカの生態学的研究

(村上興正と共著)

## I ま え が き

ニホンカモシカ (*Capricornis crispus* TEMMINCK) はウシ科の中のカモシカ類と呼ばれるグループに属する日本特産の有蹄類である。ウシ科は真正ウシ類、レイヨウ類、カモシカ類、ヤギ類に分けることができるが、この中カモシカ類はレイヨウ類とヤギ類の中間にあって、比較的ヤギ類に近い類縁性をもつものと考えられ(小原, 1969), 人によってはカモシカ類とヤギ類とを一括したカモシカ・ヤギ類に属するものとして取り扱っている(黒田, 1963)。カモシカ類には本種のほか中央アジアにすむサイガ (*Saiga saiga*) や、ヨーロッパの山地などに分布するシャモア (アルプスカモシカ) (*Rupicapra rupicapra*), 北米の北西端からグリーンランドにかけて見出されるジャコウウシ (*Ovibos moschatus*) その他いくつかの種類が含まれているが、ニホンカモシカと同属の種類としては台湾のタイワンカモシカ (*Capricornis swinhoei*) とスマトラ、ビルマ、タイ、ネパールから中国中南部にかけて分布するスマトラカモシカ (*Capricornis sumatrensis*) が見られるにすぎない。このようにカモシカ類は全体として見ると北半球に断続的に分布するが、このうちでもニホンカモシカおよびその近縁種の分布はかなり局限されており、その分布の様相は生物地理学上あるいは進化史上重要な問題を含むものとして注目されるものである。この点においてニホンカモシカは日本の生物地理学研究における貴重な素材の一つである。

ニホンカモシカの棲息地域は本州、四国、九州の山地である。低山帯から高山帯にかけて幅広い垂直分布範囲をもっているが、人を避けて海拔1,000 m以上の高所に生活することが多い。往時にはかなり多くの個体が各地に棲息していたもののようであるが、明治以降肉、毛皮、角などの利用価値が高いための濫獲と、森林伐採による棲み場所の喪失のために著しくその数は減少し、その跡を絶った地方も少なくないため、昭和9年史跡名勝天然記念物保存法による

天然記念物に指定され、さらに昭和30年文化財保護法による特別天然記念物に指定され現在にいたっている。

以上のように本種は生物学的に貴重な存在であるのにもかかわらず、その棲息地が調査困難な深山でしかも地形峻嶒な場所であることが多いため、野外において今まで行なわれてきた研究はきわめて僅かである。しかもその大部分は発見記録や聞きこみなどによる断片的記録であって、比較的まとまった研究としては羽田ほか（1965, 1966, 1967）による志賀山における糞の分布から見た行動圏解析や個体数推定、千葉（1968）による食性の報告、岡田ほか（1964）による形態と習性に関する報告などを見るにすぎない。ただし最近にいたり、従来困難とされていたニホンカモシカの飼育および飼育下での繁殖が可能となったため、飼育カモシカの行動や生長の記録によって野外資料の不足をある程度補うことができるようになった。

本篇では1966年以来白山蛇谷流域で行なってきたカモシカ調査資料を元として、これに今までに発表された諸研究者の記録を総合して、この地域のカモシカ個体数の推定を行なうとともに、これに必要な習性などの知見をまとめることにした。これらの結果は資料的には未だ不十分であり、今後の研究によって補正追加を要する点が多いけれども、とりあえず一応の結果を報告することによって今後の研究に対する参考としたいと考える。以下本篇でカモシカと記すのはすべてニホンカモシカを意味する。

調査に当っては石川県観光課の方々、吉野谷村長はじめ村役場の方々には一方ならぬお世話を頂いた。また金沢市の糸田敬仁氏からは数々の貴重な助言を頂き、吉野谷村畑与吉氏には調査における案内役として手助けを頂いた。なお京都動物園の安井圀彦氏、金沢大学の里見信生氏、霊長類研究所の東滋氏には未発表資料の利用を快く許して頂いた。またモンキーセンターの林勝治氏には調査補助ならびにニホンカモシカについての種々の情報と助言を頂いた。これらの方々には厚く御礼申し上げる。

本調査は次に記す調査隊員の参加協力によって行なわれたものである。これら隊員諸氏の労苦に対しても厚く感謝の意を表したい（敬称略）。京都大学；瀧明夫、水野昭憲、安味加代子、渡辺直、安部琢哉、吉田真、立川賢一（現在東大）、大沢秀行、松井宏明、板井隆彦、高桑正樹、花井正光、柳沢康信、小野克之、佐藤俊、丹羽太貫・九州大学；小野勇一、東和敬、田中雅生、土肥昭夫

・富山大学；田中晋ほか1名・金沢大学；平井賢一・大阪市立大学；川村俊蔵ほか3名・国立園芸試験場；志賀正和。

## II 一般生態

### 1. 形態

ニホンカモシカは雌雄ほとんど同じ大きさで、成獣は頭胴長 100～120 cm，尾長 8～12cm，肩の高さ 68～75cm，雌雄ともに長さ 8～15cm のゆるやかに後方に曲る角をもっている。また眼下腺のほか蹄の間にも腺がある。今泉（1966）によれば体色は個体や産地によって異なり，福島，宮城，岩手などのものは白色で背の正中線付近に褐色の毛を混生し，足だけが黒褐色であるが，暖い地方に行くにつれ黒褐色の毛がふえ，日光や秩父のものは体が灰褐色，本州南部のものは体がこげ茶色でわずかに口のまわりや頬に白い毛があるだけであるという。一方岡田・角田（1963）は同じ三重県のものでも黒色の濃い個体と褐色の濃い個体があり，また雄は一般的に黒色であり，夏毛が茶褐色，冬毛は灰黒色の個体が多いと述べており，また羽田・千葉（1959）は針の木岳のカモシカの毛色は，白の多いもの，茶，ネズ，ウス赤茶，シモフリなどさまざまであると記している。

白山でも冬期に黒，赤茶，茶黒，白と種々の色のものが見られるとのことであり，蛇谷流域でも尾添川南岸とくに目附谷のカモシカは黒系で，冬はそれに白色がまじる程度であるが，北岸とくに雄谷周辺のカモシカは夏は赤茶系統で冬には白くなるという（河合，1966）。

なお岸田（1924）はニホンカモシカは角の茎部の太さと平滑さなどによってツノブトカモシカとフツウカモシカに分けたが，岡田・角田（1963，1964）はこれらには個体による差があり，少なくともニホンカモシカを細分する上の分類の基準にはならないとしている。

### 2. すみ場所

今日見られるニホンカモシカのすみ場所は，多くの地方ではかなり奥深い山地に限られている。北アルプスでは海拔 1,100～2,600m の間に多く分布し，特に 1,900～2,100 m の亜高山帯斜面に多く（羽田・千葉，1959），九州の主要な棲

息地である祖母山でも、溪谷の奥の急斜面や瘦せた枝尾根などで行動しているものが多い。しかし海拔高からいえば比較的低い場所でもその行動圏の中に含まれている場合もしばしばあり、上記祖母山でも最奥の尾平部落より谷沿いに2 km も離れない海拔700 m 程度の山腹はすでにその行動圏に入っているし、鈴鹿山系では海拔100~1,000 m の間に広く分布するといわれ、その中の御在所山ではロープウェイ下の斜面700~800 m および800~1,100 m がそれぞれ1頭ずつのカモシカの行動圏として利用されている（小原，1969）。なお敦賀半島でも海拔600~800 m の山中で、度々カモシカは目撃されている（林，1957）。白山山麓においても親谷ノ湯（標高800 m）間近の山腹に多数の糞塊が発見されており、さらに下流では中宮温泉に近いジライ谷のニホンザルの餌付場所に来ていたカモシカが目撃されている。なお中宮温泉の対岸にそびえる猿ヶ浄土と呼ばれる岩尾根も常に少数のカモシカの行動する地域に含まれている。おそらく往時には、多くの地方においてカモシカは人里近くまでその行動圏をひろげていたものと思われ、それが猟師の脅威と森林の伐採によって次第に山奥にまで追いつめられたのが今日の状況であろう。この点において白山山麓のように、今なお集落間近にまでその行動圏を保持しつづけているのは、蛇谷沿いの山腹の急峻さにまもられているためであるにせよ、全国的に見て貴重なすみ場所といわなければならない。

### 3. 行動と行動圏

ニホンカモシカは単独生活者であるか、それとも群れをつくって生活しているものであるのかという点についてはまだ問題が残っている。単独で発見されたという例は各地に多く、2頭づれの場合でも雌と仔という組合せが大部分であって、この点では白山でも同じである。しかし時として雌、雄の2頭づれ、あるいは雌、雄に仔を加えた3頭の群れが見出されることがあり（羽田・千葉，1959）、津軽や下北半島では3~4頭が群れをつくっている例が比較的多いという<sup>1)</sup>。なお交尾期に発情した雌に数頭の雄が追随することがあり（河合，1966；羽田・千葉，1959）、その場合一番強い雄が翌年2~3月頃まで雌と一緒にいるのを見ることがあるという（羽田・千葉，1959）。しかし、おそらく交尾期や育児期を除いては単独で生活するのが普通であって、これら特定の期間だけ複数の生活をおくっているのではないかと想像されるが、この点は今後の研究によって明らかにしなければならない問題の一つである。もし単独生活が主体



であるならば、有蹄類の中では珍しい例に属し、社会生活と生活環境との関連を考える場合にも重要な資料となるものである。

これらの単独の個体もしくは群れが一定の行動圏 (home range) またはなわばり (territory) を保持しているかどうかということもまた問題である。岡田・角田 (1963) は猟師の犬によって追い出されたカモシカの逃走路を追跡した2例と糞の分布1例とから、 $4\text{ km} \times 3\text{ km}$  程度のなわばりの存在を想定した。また羽田・千葉 (1959) によれば、針ノ木岳では1つの谷に1頭ずつ棲息して一定のなわばりを持っているという。また、羽田 (1965) によれば、志賀高原ではその北斜面において1965年に2頭のカモシカ成獣が斜面を東西に2分してそれぞれの行動圏をもち、そのうち仔を持った1頭のメスの方は標高1,630~1,820 mの範囲内で、東西1.8km, 南北1.2km, 他の1頭は標高1,680~1,980 mの範囲内で東西1.4km, 南北1.5kmの行動圏をそれぞれ別個に保持していたことが糞分布から推定されている。さらに小原 (1969) によれば、鈴鹿山脈中の御在所岳ロープウェイ下の斜面は約1km<sup>2</sup>の面積内に2頭のカモシカが棲息し、2~3月には標高700~800mの場所と800~1,100mの場所に分れて生活しているという。これらの報告はいずれも、それぞれの個体が他の個体のものと重複しないなわばり、あるいは行動圏をもつ場合を示しているものであるが、少なくとも白山においては後述のように高密度の場所では10~20 ha 当り1頭の割合での棲息が推定されている点から見て、かりに各個体が一定の行動圏をもっているにしても、その行動圏はかなり重複しているものと考えた方がよさそうである。ただし交尾期においてはあるいは交尾テリトリーと呼ばれるなわばり関係が現われるかもしれない。

季節的にすみ場所を大きくかえるかどうかの問題も確実なことは不明である。前記志賀山のカモシカは糞の分布から見て夏秋はその行動圏内全域に移動採食生活を行ない、冬は圏内の低標高地で滞留採食生活をしているものと推定されており (羽田ほか, 1965), 季節による移動は行なわれているものの、それは1.5~2.0km<sup>2</sup>の範囲内の部分的移動である。なおこの山ではその翌年 (1966年) には行動圏は全体として高地へ移動したが、これは冬季の積雪量が少なかったこととともに下方における工事によるダイナマイト音の影響のためではなかったかと考えられている (羽田ほか, 1966)。白山では猟師からの聞きこみによれば、カモシカは3月中旬から4月中旬にかけて仔が生れると谷筋へ下ってきて、谷の岩場で生活するようになるという (河合, 1966)。ただし白山蛇谷沿いのト

ウクズレ下部、カマソコなどの諸調査地点で初夏、秋ともに新しい糞が見出されている点からすると、この地域では初夏秋では共通の場所を利用しているようである。

羽田ほか(1965)は志賀山で、断崖絶壁をつらねる峻嶒な台地の上の見通しのよい場所に糞塊が集中しかつ「ねぐら場所」のあるのを見出し、これを夏主に利用する「避難所」と考えた。このような避難所は、この山にいる2頭のカモシカのそれぞれの行動圏内に1ヶ所ずつ見つかっている。白山では中宮温泉対岸の猿ヶ浄土の岩壁上の棚がこれに当るものであろう。なお志賀山では避難所のほか、カモシカの休息場所となっているらしい「ねぐら場所」が2頭分合計18ヶ所見出されている。「ねぐら場所」は周囲のよく見通せる熔岩の頂部にあり、明らかなカモシカ道とともに身を伏せた跡の明瞭な平坦面をもっている。そして羽田らは「全山にわたる移動採食生活中もその日に行きついた場所の付近の一定のねぐら場所で天敵を警戒しながら休眠することが予想される」と述べている。ただし白山山麓ではこのような明瞭な形のねぐら場所は少なく、カモシカはかなり自由に休息場所をえらんでいるのではないと思われる。

「ねぐら」と関係する問題はニホンカモシカは夜行性動物であるかどうかということである。岡田・角田(1963, 1964)は本種が主に夜間において活動的であると記し、そのほかにも本種の夜間活動説がかなり流布されていたようである。しかし安井(1967)の行なった京都動物園の飼育カモシカについての24時間行動観察によれば、1日の全運動量のうち午前6時から午後6時までの運動量は10月で72.4%, 7, 8, 9月は何れも84%以上で、特に8月ではほとんど90%近くになっている。これから見れば本種は夜行性であるという見解は、少なくとも飼育下で否定されるが、自然状態においてもこの点はおそらく同じであろう。

1日内における本種の行動について、千葉(1966)は飼育カモシカの観察に基づきこれを採食、歩行、坐位休息、立位はんすう、立位はんすう、採食歩行、睡眠、警戒、脱糞、排尿、採水の12の類型に区別したが、このうち1日の大部分をしめる行動は、坐位休息、立位休息、採食、睡眠、歩行、坐位はんすうの6型であった。なおこの観察では休息および脱糞は飼育場内の若干の特定場所で行なう傾向が見られたが、同じ傾向は安井(1967)によっても観察されている。

なお季節と関係した特殊な行動として針ノ木岳では7～8月に夜明け頃沢に

下って一定の場所で水浴びをするという（羽田・千葉，1959）。また積雪期には半径100m程度の範囲の中で生活し雪の中にうずくまって寝起きし糞は1ヶ所にするという観察例が鈴鹿山系のカモシカについて報告されている（岡田・角田，1963）し，また志賀山では積雪期に低標高地で数日間ずつ20㎡ぐらいの小範囲に滞留採食生活をしてほとんど動かず，これをつぎつぎと移しているものと糞の分布から推定されている（羽田ほか，1965）。

カモシカに対して人が比較的近距离まで接近して観察した例がしばしば報告されている。敦賀半島西方岳では730m高地巨岩上の1頭のカモシカは接近する人を凝視しながら20m程度に接近するまでは逃げなかった（林，1961）というし，丹沢岳のカモシカも一度発見すれば50m程度に接近することは容易であるという（柴田，1967）。極端な例では，岩手県五葉山において人とカモシカが相互に歩みよって5mまで接近し，30分間も共にいたという報告までである（柴田，1966）。なお犬などに追いつめられると角を下げ，前肢の蹄で地面をたたき威嚇することが観察されている（岡田・角田，1963）。

#### 4. 食 物

ニホンカモシカの食物は，今まで調べられたかぎりではすべて植物質であるが，その種類は極めて雑多である。岡田・角田（1963）が鈴鹿山系で7月中旬転落死した1頭の胃内容を調べた結果では，アスナロの葉，スギの毬果を多食しており，その他シャシャンボ，イヌツゲおよびミヤマシキミの赤い果実，樹皮などが見出されている。なおこの山系のカモシカは一般にウラハグサ，イヌツゲ，アオキ，シダ，ヤマウド，ツバキ，モミ，ジャノヒゲ，モチノキ，ツガなどを好んで食うと記しているが，これはおそらく聞き込みによるものであろう。また長野県針ノ木岳ではヤマブキ，クサソテツ，ヤマウド，シャクナゲ，ツバキ，ツガなどのほか，雪の深い時はサルオガセ，雑木の小枝を好んで食うという（羽田・千葉，1959）。長野県後立山連峯で4月～7月に融雪水でおし流されてきた転落死体6頭について千葉が胃内容を調べたところでは，ショウジョウソグ，ヤマソテツが共通して多く，次いでシシガシラ，サルトリイバラ，シノブカグマなどが多く採食され，全体で17科20属20種の植物が見出された。なおこのうち北葛沢出合で発見されたカモシカだけはオオカメノキ，チシマザサを多く食していた（千葉，1968）。

白山のカモシカについては，2頭の転落死体の胃内容を里見が調べた結果は

表 1 白山におけるカモシカの胃内容物（里見，未発表資料による）

種 名	個 体 1		個 体 2
	風乾重量 (g)	全体に対する割合(%)	
ミヤマカワラハンノキ	2.85	33	+
ミズナラ	1.1	13	+
ケキブシ	0.8	9	
マルバマンサク	0.5	6	
ヒメモチ	0.5	6	
マルバアオダモ	0.2	2	+
オオバクロモジ	0.1	1	
コメツガ			+
スギ			+
チシマザサ			+
不 明	2.65	30	

表 1 に示すとおりである。すなわち全体として 10 科 10 種の植物が見出されているが、なかでもミヤマカワラハンノキが最も多く、ミズナラがこれに次いでいる。

これらの諸結果をまとめたものが表 2 である。この表を見て興味があるのは、各地のカモシカの食物となっている植物の間に共通種が案外少ないことである。これはそれぞれの地方の植生の違いとともに調査の季節の違いをも反映していることはもちろんであろうが、それ以外にカモシカが採食する際は食物となり得るものの中から、その土地、その時期に多産ししかも嗜好性の高いものから選択する結果であろう。このことをある程度裏づけるものとしては、海川（1966）の飼育カモシカに対する食物実験の結果がある。海川によればカモシカは食物として、(1) 脂肪や蛋白質の多い植物、(2) 糖分の多い甘味のあるもの、(3) 冬は常緑の樹の葉、盛夏には含湿度の高いもの、(4) 常時適度な繊維質のあるもの、を好む。そして嗜好度の高いものが多い時は、嗜好度の低いものは採食され難くなるという。

なお海川（1967）は飼育カモシカの採食状況を観察し生後 70 日までの間に 64 種類の植物を食べたことを見ているが、これはカモシカの採食対象がきわめて幅広いものであることを示すものであろう。

## 5. 糞

ニホンカモシカの脱糞は後肢をややかがめて腰を下げて多数の糞粒を同時に

表 2 野外におけるカモシカの食物一覧表 (胃内容物による)

科	種	場所 (出典)	後立山連峰 千葉 (1968)						鈴鹿山系 岡田・角田 (1963)	白 山 里見	
		個体 番号	1	2	3	4	5	6	1	1	2
ヒ ノ キ	ク ロ ベ			○		○		○	★★★		
マ ツ	ア ス ナ										
	ゴ ヨ ウ マ ツ					○	○				
	コ メ ツ ガ	○	○	★	○	○					+
ス ギ	ス ギ								★★		+
ブ ナ	ミ ズ ナ									★★	+
ミ ズ キ	ミ ズ キ							★★			
モチノキ	ヒ メ モ チ									★	
	イ ヌ ツ ゲ								★		
カバノキ	ミヤマカワラハンノキ									★★★	+
	ヒメヤシヤブシ							★			
ヤマグルマ	ヤ マ グ ル マ					★★					
ニシキギ	ニ シ キ ギ					★	★	★★			
クスノキ	ク ロ モ ジ	★					★				
	オオバクロモジ									○	
ツ ツ ジ	ミ ヤ マ ツ ツ ジ			★			★				
	ア カ モ ノ			★		★	★				
	シ ャ シ ャ ン ボ								★		
キ ブ シ	ケ キ ブ シ									★★	
マンサク	マ ン サ ク	★									
	マルバマンサク									★	
ミ カ ン	ミ ヤ マ シ キ ミ								○		
スイカズラ	オ オ カ メ ノ キ				★★★						
サルナシ	ミ ヤ マ マ タ タ ビ				★★	★					
ユ リ	サルトリイバラ					★★	★	★★			
モクセイ	マルバアオダモ									○	+
カヤツリグサ	ショウジョウスゲ	★★★	★★★			★★★	★★★	★★★			
サ サ	チ シ マ ザ サ			★	★★★						+
オ シ ダ	シ ノ ブ カ グ マ	★★	★			★					
	ナ ラ イ シ ダ	★									
キシノオシダ	ヤ マ ソ テ ツ	★★★	★★★			★★	★★★				
シンガシラ	シ シ ガ シ ラ		★★★			★★	★★★				

★★★……非常に多い    ★★……多い    ★……少ない    ○……稀

排泄する。脱糞が上記のような姿勢で行なわれるため糞粒は散乱せず1かたまりの糞塊を形成する。1つずつの糞粒は長径約14.5mm, 短径約8.5mmの回転隋円体状のものが多く、野外で見出されるものにはかなりの変異があり、比較的球状に近いものから、西洋梨形のもの、場合によっては糞粒の分離が困

難なほど密着した牛糞状の団塊をつくることもある。最後の場合は注意して糞粒をはがして見ると各粒は西洋梨形の糞粒が圧迫されて中央部がくぼんだ鱗片状に変形しているのが通例である。

脱糞当初の糞粒は黒色またはチョコレート色で、鈍い光沢があるが、日月を経るにつれ、次第に褐色が強くなり、表面も光沢が失せて粗になる。さらに日を経過すると色はますます淡くなり、次第にもろくなって破損して行く。もっとも湿気の多い場所では菌類が繁殖して表面が白い菌糸でおおわれるものもできる。この傾向は特に粘着した牛糞状の団塊状糞に多い。

糞粒には種々の小動物が侵入食害して破損の速度を早めることが多い。その種類はヒメミミズ類、線虫類、種々の甲虫類などであるが、種名の同定未了のものが多く、その詳細は別の論文として報告することにする。

脱糞当初の1つの糞塊はどれだけの糞粒で構成されているか、また1日に何個の糞塊が1頭のカモシカによって排泄されるかは、糞調査によってカモシカ密度を推定しようとする場合に、最も重要な基礎になるものである。大町山岳博物館で飼育中の1頭について千葉<sup>2)</sup>が6日間連続調査したところによれば、1回の脱糞粒数は91~530粒、平均309.4粒、1日の脱糞回数は2~4回であった。なお繊維質の多い飼料を与えると粒数が多くなり、栄養価の高い飼料を与えすぎ胃腸障害を起こしはじめると牛糞状にくずれるという。1日の総脱糞粒数は上記千葉の資料では712~1,098粒、平均約914粒(牛糞状糞の見られた日を除く5日間の平均)である。

海川(1967)がやはり大町山岳博物館で飼育中の離乳直後の幼獣(体重8.1kg)について5日間調査したところでは、1日の脱糞回数4~5回、平均4.6回、1回の脱糞粒数は72~610粒、平均271粒、1日当たり1,135~1,337粒、平均1,248粒となっている。これから見ると幼獣では成獣にくらべて1日の脱糞回数が多く、1回の脱糞粒数はやや少ないようである。

野外での脱糞量についてはほとんど報告されたものがない。羽田ほか(1965)は、上記千葉の飼育資料に基づいて、野外のカモシカ脱糞量を1日約1,000粒と推定し、野外で発見される糞塊中900粒以下のものを1回糞、1,000粒以上のものをため糞として区別し、後者は小範囲に1日以上滞留生活をしている間に糞場を1ヶ所に定めて脱糞したものと考えた。

野外生活をしているカモシカの脱糞量を直接たしかめたものとして唯一の例は東(未発表)による下北半島奥戸川上流域における12月の観察である。この

表 3 下北半島カモシカの野外での脱糞量(東の採取品に基づく)

調査月日	糞塊番号	粒 数	平均乾燥重量 (g)	平均長径 (mm)	平均短径 (mm)
1967年 12月19日	D <sub>1</sub>	174		17.01	9.39
	D <sub>2</sub>	321			
	D <sub>3</sub>	49			
	計	544			
12月20日	D <sub>4</sub>	285	0.2763	15.15	9.15
	D <sub>5</sub>	177	0.2882	15.50	9.40
	D <sub>6</sub>	194			
	D <sub>7</sub>	151	0.2581	15.10	9.00
	D <sub>8</sub>	39	0.2456	14.50	8.70
	計	846			

例では、東は成獣雌の1個体を12月19、20日の2日間追跡し、その間の糞を採取したが、この糞の提供をうけてわれわれが調べた結果は表3に示すとおり、1日の脱糞回数3～5回、1回の脱糞粒数は平均174粒、1日脱糞粒数約700粒となっている。

われわれが白山調査で発見した糞塊中、脱糞後1ヶ月以内と思われる新らしい糞塊60個の糞粒分布は、図1に示すとおりとなり、1糞塊当りの平均粒数は338個となる。ただしこの中の5糞塊は、互いに接近した2～4個の小糞塊をまとめて1糞塊として取り扱ったので、もしこれら小糞塊をそれぞれ別個のものとして計算すると平均粒数は303個となる。これらの糞塊は新しいものとはいえ、脱糞後多少の粒数の減少はないとはいえないから、脱糞時の1糞塊当

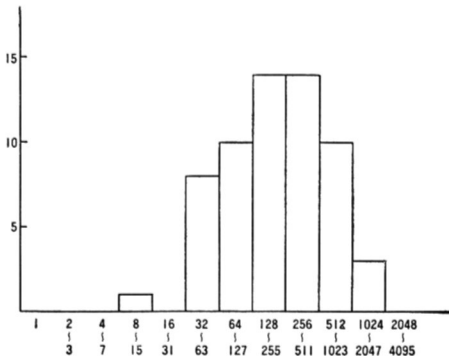


図 1 新糞塊における糞粒数分布

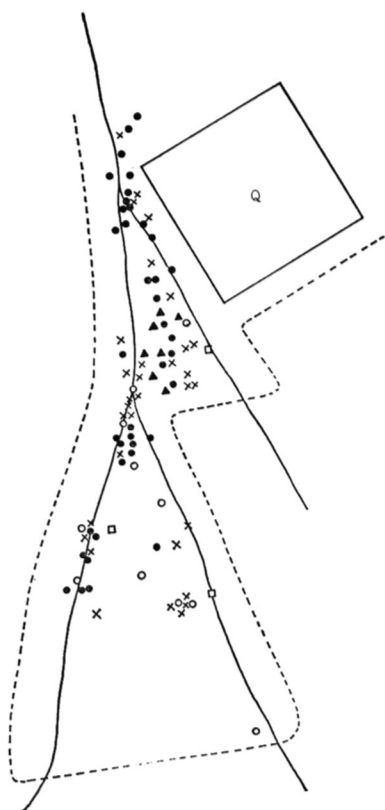


図2 トクズレ下部の糞塊分布 (一部)

- H<sub>1</sub> 新発見糞塊
- H<sub>2</sub> 新発見糞塊
- △ H<sub>3</sub> 新発見糞塊
- × H<sub>4</sub> 新発見糞塊
- H<sub>5</sub> 新発見糞塊
- Q 方形区 (糞塊略)
- 実線は尾根
- 点線は調査範囲

の尾根上を通行することが多らしく、かなりの糞塊がこの尾根上で発見されている。

## 6. 繁殖と生長

ニホンカモシカはどの時期に交尾するのか、そしてその時期の社会関係はどのようなになっているのであろうか。これらの疑問に対しては答えられる確実な資料は現在極めて少ない。ただ若干の飼育カモシカで確認された妊娠期間は

り糞粒数は上記の値よりやや高いであろうが、それにしてもその平均粒数は300～350の範囲内にあるものと考えられる。したがって、もし1日当たり平均糞塊数を3個程度とすれば、1日の糞量は糞粒数にして約1,000粒と考えて大過はないであろう。

カモシカの脱糞はほとんど同じ場所へ集中して行なう傾向が飼育下のみならず野外においても観察されている(羽田ほか, 1965)。白山においてもこの傾向はやはり認められるが、しかしその集中は1ヶ所に多くても3～4個の程度であって、特定の糞場だけをえらんで脱糞するというのではない。

糞塊分布の1例としてトクズレ谷下部での発見糞塊の位置を図2に示したが、これから見てもカモシカは調査範囲内の全域にわたって脱糞していることがわかる。ただし、この調査域に接する西側斜面は急斜面になっていて通行困難なため、カモシカは調査域西縁



表 4 ニホンカモシカの妊娠期間

場 所	交 尾	出 産	妊娠期間 (日)	出 典
六 甲 森 林 植 物 園			240	日 動 水 年 報, 1968
神 戸 森 林 植 物 園			240	" 1967
神 戸 動 物 園			218	" 1965
日本カモシカセンター	1967年 12月4～6日	1968年 7月3日	213	日本カモシカセンター, 1968

213～240日、平均228日であること(表4)と、野外での出産期が後に述べるようにほとんどが4月下旬から6月下旬の間と推定されることから逆算すると、野外の交尾はほぼ9月上旬からはじまり11月上旬にいたる間に大部分が行なわれるものと考えられる。ただし鈴鹿山系では交尾期は11月から12月にかけてであるといわれ(岡田・角田, 1963), また日本カモシカセンターの飼育カモシカの発情期は10月より1月にわたり、この間2～3日間の発情が20～21日周期に訪れることが観察されている(日本カモシカセンター, 1968, 小原, 1969)から、野外での交尾が12月、1月においても行なわれる可能性はないとはいえない。

さてカモシカの出産期については羽田・千葉(1959)は猟師からの聞き込みによって4月～6月であると述べており、白山の猟師が語るところもほぼ同じである。また野外で捕獲された妊娠メス4例の出産期は5月3例、6月1例であり、同じく野外で捕獲された幼体11例の推定年齢から逆算した出産期は4月下旬から7月上旬にわたるがそのうち最も多いのは5月である(表5-イ, ロ)。これらの資料を総合すると、カモシカの出産は4月下旬にはじまり5月をピークとし、6月下旬にいたって出産の大部分が終了すると考えられる。ただし地方によって季節のずれの影響による出産期のずれはある程度考えなければならぬ。出産の場所は青森では母獣が寒中にちっ居する密林中の樹根部の凹所が普通であるという(和田, 1923)。

1回の出産で産む仔の数は、飼育カモシカ9例ではすべて1仔ずつであり(表4, 5-イ), また野外で観察されている母子連れの仔の数はほとんどが1頭である点から見て、1仔の出産が普通であると思われる。ただし敦賀半島において2仔をつれたメスが目撃されている例(林, 1957)のあることは注目に値する。

出生後の生長発育については、飼育カモシカを観察した海川(1967, 1968)・千葉(1968)の資料、および同じく飼育カモシカについて安井が京都動物園で

表 5-イ 捕獲時妊娠個体の出産期

個 体 番 号	出 生 地	出生期日	備 考
上 野 9 b	上 野 動 物 園	5月27日	滋賀県鮎川村にて捕獲
京 都 2 b	京 都 動 物 園	5月7日	
御在所 2 b	日本カモシカセンター	6月17日	滋賀県鮎川村にて捕獲
京 都 5-2	京 都 動 物 園	5月17日	

表 5-イ 捕獲幼体の年齢より推定した  
ニホンカモシカの出産期  
(海川 (1966) の資料による)

個 体 番 号	出 生 地	出 産 期
吉野郡川上村	奈良県吉野郡	4 月 末
大 町 3 号	青森県下北郡	6 月12日
京 都 8 号	和歌山県日高郡	4 月下旬
須 坂 1 号	長野県上高井郡	5 月中旬
足 尾 1 号	栃木県足尾町	5 月上旬
富 山 3 号	岩手県住田町	5 月16日
富 山 4 号	岩手県岩泉町	5 月12日
秋 田 1 号	秋田県仙北郡	5 月下旬
大 町 4 号	長野県小県郡	6 月上旬
大 町 5 号	長野県南安曇郡	7 月上旬
大 町 6 号	長野県大町市	7 月上旬

観察した未発表資料などを総合すれば、ほぼ次のとおりとなる。

出産したばかりの仔は体重2～3kg、眼は開いており、歯も不完全ながらすべて生えはじめていて、短時間のうちに走行できる状態である。母乳は1日当り350～720cc出るが、これを飲んで生長し、生後25日目にいたってはじめて母乳以外の与えられた食物をも採るようになる。反芻行動は生後30日で現われ、さらに20日も経過

すれば母乳摂取量は次第に減って代わりに植物質を多く採るようになる。この状態から進んで完全に母乳を不要とし採食のみの生活に移行するのが生後150

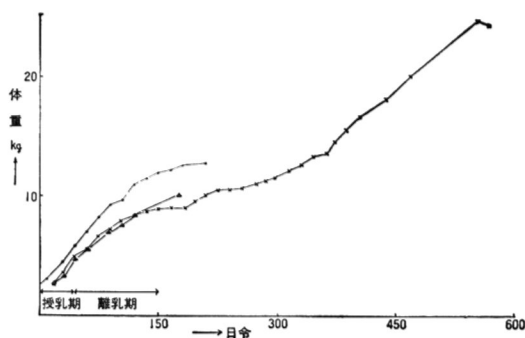


図 3 カモシカの生長  
● 大町6号 (岳三) ♂  
× 大町4号 (大助) ♂  
△ 大町11号 ♀

～160日頃である。この頃ともなれば体長 40cm, 体重約 10 kg 前後にまで生長している。

離乳期以後の生長發育については資料に乏しいが、大町で飼育された 1 頭についての記録(図 3) から見ると、生後約 2 年で体重 30 kg 程度になるようである。性成熟期については安井が京都動物園で測定した妊娠メス 3 例の体重は何れもほぼ 35 kg であった点、および日本カモシカセンターの飼育カモシカのメス 1 頭は生後 3 年で発情している点から見ると、少なくともメスについては、成獣に達するには約 3 年を要するものと考えられる。

以上の飼育観察をもとにして考えると、生れた仔が独立して生活できる能力をもつまでは少くとも 5 ケ月を要することになるから、5 月に生れた仔は少くとも 10 月頃までは親と行動を共にすることになる。ただしそれ以後もどれ位の期間親と共に行動しているかについては今のところ確実な資料はないが、鈴鹿山系では生後 1 年は親と行動を共にするといわれている(岡田・角田, 1963)。

寿命についてもほとんど確言できる資料がない。飼育下での最年長記録は海川(1967)の資料によると、大町山岳博物館で飼育されている 12 歳 7 月のメスであるが、自然条件での平均寿命については全く不明である。

### III 白山蛇谷流域における個体数推定

#### 1. 調査の方法

一般に大型哺乳類の個体数推定法としては、狩猟統計を用いる方法や、標識再捕による方法、あるいは目撃数を利用する方法などが用いられている(Mosby, 1963)。しかしニホンカモシカのように特別天然記念物に指定されているものでは狩猟統計はもちろん存在しないし、また本種のように奥深い峻険な山地を主な棲息域とするものでは、捕獲による多数個体の標識や、あるいは目撃数を利用することさえ極めて困難であって、いきおい山に詳しい猟師などの勘による推定値だけを依りどころにするのが従来の主な方法であった。

しかし近年にいたって哺乳類の個体数推定のために、糞調査を利用する方法が、ウサギ(TAYLOR & WILLIAMS, 1956) やシカ(RASMUSEN & DOMAN, 1943) などで考えられるにいたったが、わが国でも独立にカモシカ個体数推定に糞調査を利用する方法が九州祖母山の群集調査に関連して森下・小野らによって

1962年以来開発され<sup>3)</sup>、さらに羽田ほか(1965, 1966, 1967)は長野県志賀山のカモシカ個体数や行動圏の推定のために糞の全数調査を行なって成果をあげている。今回の白山のカモシカ調査も、さきに森下らが祖母山で行なった方法に改良を加えながら糞調査を主体として行なったものである。

後述のようにカモシカ糞は脱糞後かなり長い日数の間そのまま残留するから、たとえカモシカの姿を目撃できなくとも、残されている糞塊数などによってその場所へのカモシカ出現頻度の大小をある程度まで推定できるという便利さがある。しかし糞調査の資料から個体数を正しく推定するためには、次に述べるような諸問題に当面する。

### (1) サンプリングの方法

調査対象地域があまり広くなければ、その地域の糞を全部調べ上げることも不可能ではないが、白山蛇谷流域のように面積が広く、しかも地形が急峻で登降困難な斜面が多い所では、全地域の糞の完全調査は限られた人数と日数をもってしては到底不可能である。したがってこのような所では調査行動が可能であって、しかもその付近の状態をかなり代表できる場所をできるだけ多く選定し、その中を詳しく調査するという方法をとらざるを得ない。

今回の調査では調査地点約15ヶ所の他各地点への登降に際しての線状の観察を行なっていて、蛇谷沿いの主要地点をカバーはしているものの、これで充分であるとはいえない。でき得れば今後この種の調査を継続して対象地域全域にわたる細かい調査地点の網目をつくることが望ましい。

### (2) 糞探索の方法と見落とし率の調査

蛇谷流域の斜面は、絶壁状の場所を除いてブナ、ミズナラなどの主要林木の下層や地表には、雪におされて斜生する小喬木、灌木や草本類がよく茂り、3～5 m以上離れるともはや地表の糞を見出すことが困難な場所が多い。しかも下生えが割合にまばらな場所でも糞が落葉下にかくされている場合も多く、その探索は一步一步地面をはいつつ行なわねばならない。しかしそのような入念な探索を行なってもなお存在する糞を見落とす確率はかなり見込んでおかねばならないのである。

糞の見落とし率の大小は地表の状態とともに調査者一人ずつの受持つ範囲にも関係する。今回の調査では 1) 各地点ごとに数名の調査者が2～10m間隔に

ならび、左右1～5 mずつの範囲を調査しながら100～200 m前進するという方法と、2) 一定の方形区(50 m×50 m)をあらかじめ設定し、この中を徹底的に調べるとする方法の2つを行なった。ただし帯状の調査では地形の関係によって部分的に広狭や長短が生ずるが、これらはすべて図に記入して後から面積計算を行なった。若干の地点では同じ日もしくはその翌日に同じ地点をくり返し調査し、前の探索で見落した糞の発見を試みた。このような見落とし率の調査は、植生や季節ごとに行なうことがのぞましいが、これは労力的にも時間的にも困難なので、トウズレ谷で行なった調査の経過と糞塊内糞粒分布からの推算値(後述)によって一応の目安を立てた。

### (3) 糞の処理

カモシカ糞は通常何百もの糞粒が集まった糞塊を形作っている。長い日数が経てば糞塊は崩壊し、あるいは糞粒が散乱し、糞塊として認められなくなるが、カモシカの活動が継続していれば、新しい糞塊がその場所につけ加えられて行く。

野外での糞塊はどれだけの期間糞塊としての形状を維持しているか。この問題は糞塊数からカモシカ個体数推定を行なおうとする場合に是非知っておかなければならない問題の一つである。なぜならカモシカ頭数が同じで毎日同じ数の糞塊が出されるとしても、糞塊の「寿命」が長ければ長いだけその場所には多くの糞塊が見つかることになるからである。

糞塊の「寿命」はその場所の状況によっても影響を受けるであろう。急傾斜の場所では水流その他の機械的作用でおし流されることもあろうし、乾燥地と陰湿地では糞粒の分解を通じての糞塊の崩壊の速さも違ってくるだろう。そこで色々の場所で発見した糞塊をそのままそれぞれの場所に放置して月日の経過とともにそれがどのように変化するかを調べることが必要となってくる。しかしこのような変化、特に糞粒の重さや諸性質の変化などを調べようと思えば、どうしても糞塊の一部分を実験室内に持ち帰らねばならない。そこで現場で発見した各糞塊ごとに、その中の一定の割合(通常4分の1)の容量に当る糞粒を採取し、残りはそのまま放置することにし、放置した糞塊の付近には目印しの赤布を残し、これに糞塊番号を記入して次の調査の時の再発見の便をはかるとともに糞塊ごとに形状、大きさ、所在場所の状況などを記録にとどめた。

なお、採集した糞粒については、その夜のうちに粒数や重量を測定し、一部



と労力の関係上、15ヶ所の調査を行ない得たにとどまった。しかしこれら15ヶ所は大体蛇谷をはさんでその兩岸沿いの要点をおさえる形にしたので、これによって蛇谷に沿うカモシカ分布の大要は知ることができる（図11参照）。

調査地点は海拔700～1,430mの間にあり、その主要な植生はブナ、ミズナラが上層を占め、下層木としてはオオカメノキ、リョウブ、クロモジ、ネジキなどが見られる。ほとんどの地点が、小さい枝尾根の上部または斜面であり傾斜は20°～40°の範囲にある。各地点ごと植生その他の状況を表6に示した。

表6 調査地の状況

地 点 (略号)	傾 斜 角	斜面の 方 向	植 生	高 度
トウグズレ (Tj) 上部 下部	30°～35°	南	ブナ、ミズナラ、クロモジ イロハカエデ、マルバマンサク	1,000～1,300 800～1,000
カ マ ソ コ (Jk)	35°～40°	西	ミズナラ、ミツバツツジ、リョウブ、 ヒメコマツ、ネジキ	1,000～1,200
サルガシヨウド (J)	35°～40°	南	ブナ、ミズナラ、ゴヨウマツ、リョウ ブ、イワカガミ、クマシデ、カメノ キ ヤマウルシ	900～1,300
カ モ ウ リ (K)	30°	東西	ブナ、ヒノキ、ミヤマガマズミ、カエ デ、ヤマウルシ	1,000～1,370
フ ト オ (F)	25°～35°	北西	ブナ、ミズナラ、ゴヨウマツ、ツツ ジ、シダ、リョウブ、ネズ、クロモジ	900～1,150
キ リ バ レ (K. B)	30°	南東		1,350
ジャダニ中尾根 (J. N)	20°～25°	北西	ブナ、ミズナラ、カエデ、リョウブ	900
ブ ナ 尾 (B)	25°～30°	南西	ミズナラ、ヤマボウシ	1,000～1,200
ガ ン バ (Ga)	25°～30°	北西	ブナ、ゴヨウマツ	1,000～1,200
ジ ラ イ 谷 (G. R)	25°～35°	南南東	ブナ、ミズナラ、ゴヨウマツ、リョウ ブ、カエデ	700～1,000
リ ン ズ (R. F)	25°～35°	南西	ブナ、ミズナラ、カエデ、リョウブ、 オオカメノキ	900～1,000
(R. N)	35°～40°	南西	ミズナラ、クロモジ	900～1,000
イワマ(1)(三枚壁周辺) (S)	30°～38°	西	ブナ、オオカメノキ、リョウブ、クロ モジ、ミネカエデ	1,000～1,200
イワマ(2)(コエト小屋 跡) (Y)	20°～25°	西	ブナ、オオカメノキ、ヒノキ、コメツ ガ、リョウブ、ササ	1,300～1,500

### 3. 糞密度から個体密度への推算方式

糞密度から個体群密度を求めるための方法としては、糞塊密度を用いるもの、糞粒密度を用いるもの、糞の重量を用いるもの、糞成分を用いるものなどの諸方法が考えられる。本調査ではこれら各方法を試みたが、糞重量ならびに糞成分を用いる方法については整理未了の資料が多いので、ひとまず前2者だけを用いての推算を行なうことにした。その方式は以下に述べるとおりである。

#### A 糞塊法

糞塊を単位としての取り扱いであって、この方法だけを用いるとするなら野外調査の労力も比較的小さくてすみ、かつ室内作業の手数も必要としないため、調査法としては最も簡便である。ただしこの方法では、糞塊の認定について若干の問題がある。多くの糞粒がよくまとまっている糞塊については、ほとんど問題はないけれども、野外でしばしば水流その他によっておし流されたとされる断続した糞粒の列を見ることがある。この場合列にいくつかの切れ目があり、全体がいくつかの小糞塊から形成されているかのように見えることもよく出合う例であって、果たしてこれら全体が1糞塊であるか、それとも数個の糞塊の集合であるかの判断に迷うことが時として起こる。もっとも実際には各小塊の糞粒の形状や色、その相互の位置関係などからある程度の判断が可能なので、熟練した調査者が見れば判断の誤りによって起こる誤差はさほど大きくはないと思われる。

問題点の他の一つは、糞塊が崩壊あるいは散乱して消滅の道をたどる時、どの程度の糞粒が残存すれば糞塊として認定するかである。目印をつけた糞塊なら年を追って継続観察すればほとんど痕跡的になってもその所在を再認できないことはないが、このような糞塊は普通の調査では糞塊として認められる可能性はほとんどない。したがって本調査では明確な形をもった糞粒が10粒以下となった小塊は、もはや糞塊としては消滅したものとみなすことにした。

#### i) 糞塊密度が平衡状態の場合

糞塊の消失と新しいつけ加えとの間にバランスがとれ、時間が経過しても糞塊密度が変化しない場合に適用できる方法である。

今、糞塊の消失数が、その時々が存在糞塊数に対して一定の比率をもって行なわれると仮定した時の瞬間消失率を  $b$ 、単位時間における糞塊付加量を  $A$  とすれば、糞塊数  $F$  の瞬間増加量は



$$\frac{dF}{dt} = A - bF \quad (1)$$

によって示される。

これより

$$F = \frac{A}{b}(1 - e^{-bt}). \quad (2)$$

平衡状態においては

$$\frac{dF}{dt} = 0$$

であるから

$$A = bF. \quad (3)$$

1頭のカモシカが単位時間に産出する糞塊数を  $H$  とし、カモシカ個体数を  $n$  とすれば

$$\begin{aligned} n &= \frac{A}{H} \\ &= \frac{bF}{H}. \end{aligned} \quad (4)$$

すなわち  $b$ ,  $F$ ,  $H$  がわかれば  $n$  を求めることができる。

糞塊の平均寿命 ( $M$ ) は

$$M = \frac{1}{b}. \quad (5)$$

通常の野外調査では糞塊の若干は見落されるであろうから、糞塊発見率を  $\alpha$  とおけば、糞塊発見数 ( $F'$ ) と実際の糞塊数 ( $F$ ) との関係は

$$F = \frac{F'}{\alpha}, \quad (6)$$

したがって糞塊発見数をもととしての計算では

$$n = \frac{bF'}{\alpha H} \quad (7)$$

としてカモシカ密度が推定できる。

ii) 糞塊数が時間的に変化する場合

調査地域のカモシカ個体数が時間の経過につれて増加または減少する場合が

これに当る。

a 糞塊数減少が連続的に起こる場合

同じ地域で調査をくり返す場合、第1回、第2回、……の調査時点をそれぞれ  $t_1, t_2, \dots$  とし、 $t_1$  での糞塊総数を  $F_1$ 、その時の発見糞塊数を  $F'_1$  とする。また  $t_1 \sim t_2$  の間にその地域に新しく付加された糞塊中  $t_2$  まで残存した糞塊数を  $G_{1-2}$ 、その間の単位時間糞塊付加数を  $A_1$ 、糞塊瞬間消失率を  $b_1$ 、 $t_1 \sim t_2$  の時間間隔を  $\tau_1$  とし、この期間では  $b_1, A_1$  は一定とすれば

$$\begin{aligned} G_{1-2} &= \int_0^{\tau_1} A_1 e^{-b_1 t} dt \\ &= \frac{A_1}{b_1} (1 - e^{-b_1 \tau_1}). \end{aligned} \quad (8)$$

今、 $t_1$  より  $t_2$  までの間の糞塊消失率を  $D_1$  とすれば

$$D_1 = 1 - e^{-b_1 \tau_1}. \quad (9)$$

(8), (9) より

$$G_{1-2} = \frac{A_1}{b_1} D_1. \quad (10)$$

なお (9) より

$$-b_1 = \frac{1}{\tau_1} \ln(1 - D_1). \quad (11)$$

さて、 $t_1$  での糞塊発見率を  $\alpha_1$ 、 $t_2$  での発見率を  $\alpha_2$  とし、 $F'_1$  ( $t_1$  の発見糞塊数) 中  $t_2$  まで残存糞塊数を  $F'_{1-2}$ 、 $t_2$  での発見総糞塊数を  $F'_2$  とすれば

$$F'_1 = \alpha_1 F_1, \quad (12)$$

$$F'_2 = F'_{1-2} + \alpha_2 G_{1-2}, \quad (13)$$

ただし  $F'_1$  にはすべて目印しをつけることにすれば  $F'_{1-2}$  の発見率は 1 と考えることができる。

今、 $F'_1$  に対する  $F'_{1-2}$  の比を考えると、これは  $t_1$  から  $t_2$  までの糞塊残存率に他ならない。したがって消失率については

$$D_1 = 1 - \frac{F'_{1-2}}{F'_1}. \quad (14)$$

さて  $t_2$  で見出される目印しのない糞塊は、 $t_1$  時の見落とし糞塊中  $t_2$  まで残存し、かつ  $t_2$  に発見されたもの、および  $t_1$  以後新しくこの地域付加にされたもののうち、 $t_2$  まで残存しかつ  $t_2$  時に発見されたものの和であるから、

これを  $F_2''$  とすれば

$$\begin{aligned} F_2'' &= \alpha_2 \left\{ F_1(1-\alpha_1)(1-D_1) + \frac{A_1}{b_1} D_1 \right\} \\ &= \alpha_2 F_1(1-\alpha_1)(1-D_1) + \alpha_2 \frac{A_1}{b_1} D_1 \\ &= \frac{\alpha_2}{\alpha_1} F_1'(1-\alpha_1)(1-D_1) + \alpha_2 \frac{A_1}{b_1} D_1. \end{aligned} \quad (15)$$

これより

$$A_1 = \frac{b_1 \left\{ F_2'' - \frac{\alpha_2}{\alpha_1} F_1'(1-\alpha_1)(1-D_1) \right\}}{\alpha_2 D_1}. \quad (16)$$

$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  の場合は

$$A_1 = \frac{b_1 \{ F_2'' - F_1'(1-\alpha)(1-D_1) \}}{\alpha D_1}. \quad (17)$$

すなわち、 $\alpha$  が与えられたなら、 $t_1$  時の発見糞塊数 ( $F_1'$ )、 $F_1'$  中  $t_2$  時まで残存した糞塊数 ( $F'_{1-2}$ ) および  $t_2$  時の未記号糞塊発見数 ( $F_2''$ ) より (11), (14), (17) を用いて単位時間付加糞塊数  $A_1$  を求めることができる。

なお  $t_2 \sim t_3$ ,  $t_3 \sim t_4$ , ……のそれぞれの期間内の付加糞塊数  $A_2$ ,  $A_3$ , ……についても同様である。すなわち  $t_i \sim t_{i+1}$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ) 間の付加糞塊数を  $A_i$  とすれば,

$$A_i = \frac{b_i \left\{ F''_{i+1} - \frac{\alpha_{i+1}}{\alpha_i} F''_i(1-\alpha_i)(1-D_i) \right\}}{\alpha_{i+1} D_i}, \quad (18)$$

ただし

$$D_i = 1 - \frac{F''_{i-i+1}}{F''_i},$$

$$b_i = -\frac{1}{\tau_i} \ln(1-D_i),$$

$$\tau_i = t_{i+1} - t_i$$

として求めることができる。ここに  $F''_{i-i+1}$  は第  $i$  回調査時の新発見糞塊中、次回の調査時まで残存した糞塊数である。なお  $i=1$  の場合は  $F_1'' = F_1'$  である。

$A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ , ……が求められたなら、第  $i$  回の調査時の個体数  $n_i$  は (4)

から

$$n_t = \frac{A_t}{H} \quad (19)$$

として推定することができる。

発見率  $\alpha$  については、同一方法による調査を同じ地域で時間間隔をおかず 2 回以上引続いて行なうことによって求められる。この場合第  $N$  回の調査によって発見される新糞塊数を  $F_N''$  とすれば

$$F_N'' = \left( F - \sum_{j=1}^{N-1} F_j'' \right) \alpha \quad (20)$$

であるから、

$$S_{N-1} = F_I' + F_{II}'' + \cdots + F_{N-1}''$$

として  $S_{N-1}$  に対する  $F_N''$  の値を結んだ傾斜によって  $\alpha$  を求めることができる。  $N=2$  の場合は

$$F_{II}' = F_I'(1-\alpha) \quad (21)$$

から

$$\alpha = 1 - \frac{F_{II}''}{F_I'} \quad (22)$$

によって  $\alpha$  は求められる。

なお (3) 式が適用できる場合、すなわち  $A$ ,  $b$  が長期間一定である場合は

$$F_1' = \alpha \frac{A}{b} \quad (23)$$

であるから

$$\begin{aligned} F_2'' &= F_1'(1-\alpha)(1-D) + \frac{a}{b} D\alpha \\ &= F_1'(1-\alpha)(1-D) + F_1'D \\ &= F_1'\{1-\alpha(1-D)\}. \end{aligned} \quad (24)$$

これより

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{F_1' - F_2''}{(1-D)F_1'} \\ &= \frac{F_1' - F_2''}{F_1' - D}. \end{aligned} \quad (25)$$

すなわち糞塊発見率のための別個の調査を行なわなくとも  $\alpha$  を求めることができる。

発見率について注意を要することは、個々の糞塊発見率は糞塊の大きさによって異なり、大糞塊は発見され易く、小糞塊は発見され難い可能性のあることである。この場合は (20), (21) 式の直線関係は成立せず、特に (21), (22) 式による発見率推定値は過大になるおそれがある。これを補うために糞粒分布を利用する方法が考えられるが、これについては調査結果の章において述べることにする。

#### b 糞粒数減少にともなう糞塊消失の影響

上記 (18) 式では糞塊消失率  $D_i$ 、瞬間消失率  $b_i$  は、糞塊内糞粒の漸次的減少にともなう糞塊の自然消滅とは別個の原因による消失（出水その他の機械的原因による糞粒数とは関係のない糞塊の消失）を仮定しているが、実際の糞塊消失の中のかなりの部分は、時間の経過につれ糞粒の散乱や崩壊などによって糞塊内糞粒は次第に減少し、やがて糞塊としての形態をとどめなくなつて消失するという過程をたどっていると考えられる。(18) 式を適用するためには、このような糞粒の漸次的減少による糞塊消失の影響を除去する操作を必要とする。

今、糞粒の漸次的減少に基づく糞塊消失を「従属消失」、糞粒数とは無関係の消失を「独立消失」と名づけることにする。

さて  $t_i \sim t_{i+1}$  の時間間隔  $\tau_i$  の間の糞塊独立消失率を  $D_i$ 、瞬間独立消失率を  $b_i$ 、この間の糞塊従属消失率を  $D_i'$ 、独立消失と従属消失とを含む全消失率を  $D_i''$  とすれば、

$$D_i'' = 1 - \frac{1 - D_i''}{1 - D_i},$$

$$D_i = 1 - e^{-b_i \tau_i}. \quad (26)$$

従属消失率は、時間経過とともに増大するであろうが、比較的短い時間の範囲内では、時間の経過とともに直線的に増大するものと仮定すれば、 $t_i$  から  $t_{i+1}$  までの間に新らしく付加された糞塊数に対する  $t_{i+1}$  時点までの従属消失糞塊数の割合  $D_{0i}$  は近似的に

$$D_{0i} = \frac{D_i'}{2} \quad (27)$$

によって示すことができる。

したがって従属消失と独立消失とがともに働く場合の  $t_i \sim t_{i+1}$  間の付加糞塊

中  $t_{i+1}$  までの残存糞塊数  $G'_{i-t+1}$  と独立消失のみが働いた場合の残存糞塊数  $G_{i-t+1}$  との関係は

$$G_{i-t+1} = \frac{G'_{i-t+1}}{1 - D_{gt}} \quad (28)$$

一方, (10) に示された  $G_{1-2}$  と  $A_1$ ,  $b_1$ ,  $D_1$  との関係は一般に  $G_{i-t+1}$ ,  $A_i$ ,  $b_i$ ,  $D_i$  に適用できるから

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{b_i}{D_i} G_{i-t+1} \\ &= \frac{b_i}{D_i} \left( \frac{G'_{i-t+1}}{1 - \frac{D_i'}{2}} \right) \\ &= \frac{b_i}{D_i} \cdot \frac{1}{1 - \frac{D_i'}{2}} \left\{ F''_{i+1} - \frac{\alpha_{i+1}}{\alpha_i} F_i'' (1 - D_i) (1 - \alpha_i) \right\} \frac{1}{\alpha_{i+1}} \end{aligned} \quad (29)$$

ただしこの式を利用するためには糞塊瞬間独立消失率  $b_i$  または独立消失率  $D_i$  を知る必要があり, そのためには糞塊内糞粒減少に関する知識を必要とするので, 糞粒法と併用しなければならない。ただし後に述べるように (29) 式を用いた結果と, 糞塊全消失率  $D_i''$  から機械的に見かけの瞬間全消失率  $b_i''$  を

$$b_i'' = \frac{-1}{\tau_i} \ln(1 - D_i'') \quad (30)$$

として求め,  $D_i''$ ,  $b_i''$  を (18) 式の  $D_i$ ,  $b_i$  の代わりに用いて  $A_i$  を求めた結果との間の差は僅かであるから, 実用的には糞塊調査の資料だけを利用する後者の方法を用いて差支えないであろう。

### c 糞塊消失が不連続な場合

前記 (15)~(18) 式は糞塊数減少が一定の減少率をもって連続的に起こるという仮定に立っている。しかし糞塊消失は1年のうちのある特定の時期, 例えば融雪期に集中して起こるという可能性も一応考慮する必要がある。

今, 糞塊消失が1年のうちのある時期だけに起こると仮定し, その時期の消失率 (現存糞塊数に対する消失糞塊数の割合) を  $K$  とする (その時期以外の時期の消失率は0)。調査を年1回ずつ行なうとし, 調査日から次の消失期までの期間の長さを  $T_1$ , その消失期以後第2回目の調査日までの期間の長さを  $T_2$  とし, この2回の間の期間のカモシカ数には増減がなく単位時間  $A$  個の糞塊がその地域に付加されるものとすれば (図5参照), 第2回目 (第2年目) の調査におい

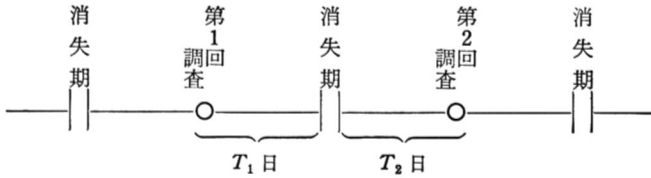


図 5 糞塊消失が不連続に起こる場合

て発見される未記号糞塊数  $F_2''$  は、発見率  $\alpha$  が一定の場合は

$$\begin{aligned} F_2'' = & \{ \text{第1回調査時の未発見現存糞塊数} \times \text{残存率} \} \\ & + \{ \text{第1回調査時より消失期までの付加糞塊数} \times \text{残存率} \} \\ & + \{ \text{消失期より第2回調査日までの付加糞塊数} \} \times \text{発見率} \\ = & \{ F_1(1-\alpha)(1-K) + AT_1(1-K) + AT_2 \} \alpha \end{aligned} \quad (31)$$

$F_1\alpha = F_1'$  = 第1回発見糞塊数であるから

$$F_2'' = F_1'(1-\alpha)(1-K) + \alpha A \{ T_1(1-K) + T_2 \} \quad (32)$$

また第2回調査時まで残存する記号糞塊数  $F'_{1-2}$  は

$$F'_{1-2} = F_1'(1-K) \quad (33)$$

であるから

$$F_2'' = F'_{1-2}(1-\alpha) + \alpha A \left( T_1 \frac{F'_{1-2}}{F_1'} + T_2 \right) \quad (34)$$

これより

$$A = \frac{F_2'' - F'_{1-2}(1-\alpha)}{\alpha \left( T_1 \frac{F'_{1-2}}{F_1'} + T_2 \right)} \quad (35)$$

すなわち  $\alpha$  が与えられたなら  $F_2''$ ,  $F'_{1-2}$ ,  $F_1'$  より  $A$  を求めることができ、この値を (19) 式に用いてカモシカ個体数  $n$  を求めることができる。

なお  $A$ ,  $K$  の値に年による変動がなくかつ第1, 第2回の調査期日がほぼ同じなら

$$\begin{aligned} F_1' & \doteq [AT_2 + A(T_1 + T_2) \{ (1-K) + (1-K)^2 + (1-K)^3 + \dots \}] \alpha \\ & = \left( \frac{T_1 + T_2}{K} - T_1 \right) \alpha A \end{aligned} \quad (36)$$

したがって

$$\alpha A \doteq \frac{KF_1'}{T_1 + T_2 - KT_1} \quad (37)$$

(32) と (37) より

$$F_2'' \doteq F_1'(1-\alpha)(1-K) + \frac{KF_1'}{T_1+T_2-KT_1} \{T_1(1-K)+T_2\}$$

$$= F_1' \{1-\alpha(1-K)\} \quad (38)$$

したがって

$$\alpha \doteq \frac{1 - \frac{F_2''}{F_1'}}{1-K}$$

$$= \frac{F_1' - F_2''}{F_{1-2}'} \quad (39)$$

これは (25) 式と同一である。

$\alpha$  が求められたなら  $K=1-F_{1-2}'/F_1'$  として (37) 式より  $A$  を容易に求めることができる。ただし  $A$  =一定という条件は一般に満たされ難いであろうから、(25), (39) によって  $\alpha$  を求める方法は適用困難な場合が多いと思われる。

## B 糞粒法

糞粒法は糞塊に含まれる全糞粒を調査することによってカモンカ密度を推定しようとする方法である。大糞塊全体を1つの糞塊と見るか、それともいくつかの小糞塊の集合であるとするかという判断の仕方による誤差は糞粒法では生じないし、また消失直前の糞塊を糞塊として認めても認めなくても全糞粒数に対する影響は微小であるから、これによって生じる誤差は極めて小さくてすむという利点をもつ。しかしその反面、糞粒法では各糞塊の粒数を全数調査するか、少なくともサンプルからその推定を行なわねばならない、という点で調査上の労力が大きくなるという欠点をもつ。

糞粒法のもつ弱点の一つは糞粒の破損、崩壊の扱い方と、粘着性をもつ糞粒がぎっしりとかたまつた状態の団塊の扱い方である。古い糞塊では糞粒が破壊され、できた小粒片を多く含むものがよく見出されるが、このうち大型のもの、例えば半分に折れたもの、3分の2もしくは3分の1の破片などではこれら全部を消滅糞粒と見なしてよいかどうかの問題が起こる。本調査ではこのような大型の破片は完全粒に対する大きさの割合を記録し、その割合に個数を乗ずることによって完全粒としての粒数に換算することにした。また糞粒ごとに分離し難い団塊糞に対しては、その中からはがし得る糞粒の大きさを基準にして、団塊の大きさから大体の粒数を目測で求めた（もっと正確な値としては団塊



重量と1粒重量で割った値を用いるのが望ましいが、団塊糞の全体に対する割合は比較的小さいので、団塊糞に対して目測推定を用いたことによる全粒数推定値の誤差はあまり大きくないものと考えられる。

なお糞粒法による場合でも、サンプリングによって得られる糞粒はすべて糞塊を形成しているものであるから、ばらばらに散乱した糞粒は勘定に入らないことになる。したがって糞塊から離れ孤立するにいたった糞粒は糞粒消失率の計算ではすべて消失糞粒の中に入る。

本調査では、発見した各糞塊をそっくり採取する代わりに、各糞塊ごとにその何分の1かずつを採取する方法を採用しているから、これにともなういくつかの問題が起こる。その1は各糞塊の粒数の推定はすべて採取された一部に含まれる粒数をその採取割合で割ることによって行なっているから、目測によって判断した採取割合と実際の割合のくい違いは各糞塊粒数推定値の誤差のもととなる。ただし各糞塊についての上記くい違いは、多数の糞塊を扱う場合はかなりプラス、マイナスが平均化され、多数糞塊の全粒数推定値に対してはあまり大きくはひびかないものと考えられる。

#### a 糞粒消失率および寿命

糞粒消失率の計算に当って面倒な問題の一つは、調査ごとに各糞塊の一部を採取するために、残存糞粒数の補正が必要なことである。

今、第1回調査で第*j*糞塊から  $p_{j1}$  の割合を採集するとする。採取部分の粒数が  $k_{j1}$  個であったなら、糞塊の全粒数の推定値は  $k_{j1}/p_{j1}$  である。さらに第2回目調査で残存糞粒中から  $p_{j2}$  の割合を採集し、その中の糞粒数が  $k_{j2}$  個であったとすれば、この糞塊での第2回調査時の全糞粒の推定値は  $k_{j2}/p_{j2}$  である。しかしこの値は第1回目に  $p_{j1}$  の割合を採集した残りの中、第2回目まで残存した値であるから、自然に起こった消失の割合 ( $\rho_{j1}$ ) は

$$\rho_{j1} = 1 - \frac{\frac{k_{j2}}{p_{j2}}}{k_{j1} \left( \frac{1}{p_{j1}} - 1 \right)} \quad (40)$$

第1回調査から第2回調査までの平均消失率は

$$\bar{\rho}_1 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{Q_1} \frac{k_{j2}}{p_{j2}}}{\sum_{j=1}^{Q_1} k_{j1} \left( \frac{1}{p_{j1}} - 1 \right)} \quad \left( j=1, 2, \dots, Q_1, \text{ただし } Q_1 \text{ は } t_1 \sim t_2 \text{ の糞粒減少率調査糞塊数} \right) \quad (41)$$

第2回調査から第3回調査までの間の平均消失率は同様に

$$\bar{\rho}_2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{Q_2} \frac{k_{j3}}{p_{j3}}}{\sum_{j=1}^{Q_2} k_{j2} \left( \frac{1}{p_{j2}} - 1 \right)} \quad (42)$$

$\bar{\rho}_3, \bar{\rho}_4, \dots$ なども同様にして求めることができる。

糞粒消失が引きつづく2つの調査時の間に連続的に行なわれるものとするれば、第*i*調査時から第*i*+1調査時までの間の糞粒瞬間減少率は

$$c_i = -\frac{1}{\tau_i} \ln(1 - \bar{\rho}_i) \quad (43)$$

として求められる。

さて上記の糞粒消失率および瞬間糞粒消失率は2つの調査時にまたがって残存する糞塊の中における糞粒の消失率または瞬間消失率であるが、糞粒の減少とは関係のない糞塊の独立消失が一定の瞬間消失率 *b* に従って行なわれ、残存糞塊中の糞粒は一定の瞬間消失率 *c* に従って減少するものとするれば、ある地域内の総糞粒数 *f* は、もし単位時間内糞塊付加量 *A* が一定なら

$$\begin{aligned} f &= \int_0^{\infty} A \bar{h}_0 e^{-(b+c)t} dt \\ &= \frac{A \bar{h}_0}{b+c} \end{aligned} \quad (44)$$

ただし  $\bar{h}_0$  は脱糞時の1糞塊平均粒数である。

(44)式は糞塊中の糞粒がいくら減少しても、独立消失のない限り糞塊は維持されるという仮定に立っているが、もし1糞塊の糞粒数が*v*個以下の場合には糞塊として認定されないとすれば、この地域内の糞塊を形成する糞粒の合計数 *f*<sub>0</sub> は

$$\begin{aligned} f_0 &= \int_0^{\theta} A \bar{h}_0 e^{-(b+c)t} dt \\ &= \frac{A \bar{h}_0}{b+c} (1 - e^{-(b+c)\theta}) \end{aligned} \quad (45)$$

ここに  $\theta$  は糞塊が脱糞当初から粒数が減少して*v*個になるまでに要する平均時間である。今、個々の糞塊の脱糞時の糞粒数を *h*<sub>0</sub> とし

$$m = E \left\{ \ln \frac{h_0}{v} \right\} \quad (46)$$

とおけば

$$\theta = \frac{m}{c} \quad (47)$$

$m$  を推定するため図 1 の糞粒分布の資料から  $\ln h_0$  の平均値を求めると

$$\ln h_0 = 5.378$$

この値と、糞塊として認定できる最小の粒数として  $v=11$  とを用いると

$$\hat{m} = 3.076$$

これより

$$\hat{\theta} = \frac{3.076}{c} \quad (48)$$

したがってこの地域内の糞塊を形成する糞粒の合計数  $f_0$  は

$$f_0 \doteq \frac{A \bar{h}_0}{b+c} (1 - e^{-3.076(\frac{b}{c}+1)}) \quad (49)$$

(44) 式の  $f$  と (49) の式  $f_0$  とのくい違いは  $\frac{b}{c}=0$  としても 5% 以下である。すなわち 10 粒以下となった糞塊はサンプリングを行なっても行なわなくても、総粒数に対してはほとんど影響を与えないことになる。

なお糞粒 11 個以上をもつ総糞塊数は

$$F_v = \frac{A}{b} (1 - e^{-3.076 \frac{b}{c}}) \quad (50)$$

となるから、1 糞塊当りの平均粒数  $r$  については

$$\begin{aligned} r &= \frac{f_0}{F_v} \\ &= \frac{b \bar{h}_0 (1 - e^{-3.076(\frac{b}{c}+1)})}{(b+c)(1 - e^{-3.076 \frac{b}{c}})} \end{aligned} \quad (51)$$

ただし糞塊が小さくなればなるほど、その発見率は低下するであろうから、サンプリングによって実際に得られる糞塊の平均粒数は、(51) で計算される値よりは高めになる可能性がある。

なお糞塊瞬間独立消失率  $b$  も働く場合の糞塊内糞粒の「平均寿命」は (49)

より

$$L \doteq \frac{1}{b+c}(1-e^{-3.076(\frac{b}{c}+1)}) \quad (52)$$

となるが、前記のとおり右辺の括弧内の値は通常 1 に近いと思われるから

$$L \doteq \frac{1}{b+c} \quad (53)$$

として取り扱っても大きい誤差はないであろう。

なお上記  $m=3.076$  は  $v=10$  としての値であるが、もし  $v=15$  を用いると  $m=2.717$ ,  $v=20$  では  $m=2.429$  となる。

#### b 糞粒数減少にともなう糞塊の「生理的寿命」

(44)~(53) 式の糞塊瞬間減少率  $b$  は、糞粒数の漸次的減少とは無関係の糞塊数減少を示すものであるが、前記のように 1 糞塊内の糞粒数が  $v$  個以下は糞塊とは認定されないことになれば、糞塊内糞粒数の減少は必然的に糞塊数の減少（糞塊の従属的消失）をもひき起こすことになる。この場合の糞塊の平均寿命は  $b$  が 0 なら (47) 式に示される  $\theta$  となるが、いわばこれは糞塊の「生理的寿命」とでも名づけられるものである。もし糞塊消失が「生理的寿命」が尽きたためだけで起こるとすれば、糞塊数が平衡状態に達している場合は単位時間消失糞塊数  $U$  は

$$U = \frac{cF}{m} \quad (54)$$

で与えられる。

#### c 糞粒法による個体数の推定

糞粒法においても個体密度の推定は単位時間糞塊付加量  $A$ 、または単位時間糞粒付加量  $A\bar{h}_0$  を求めることに帰着する。

##### 1. $A$ 一定の場合

$b, c$  のそれぞれ、または

$$c' = b + c \quad (55)$$

が既知なら (45) によって  $A\bar{h}_0$  を求めることができる。

##### 2. $A$ が年によって変動する場合

少なくとも 2 回の調査によってはさまれた期間内では  $A$  一定と仮定すれば、糞塊法で求めた (17), (18) 式と同じ方法を糞粒法においても採用することができる。すなわちある地域内の糞塊を形成している糞粒について、 $t_1$  および

$t_{i+1}$  時の総数をそれぞれ  $f_i$  および  $f_{i+1}$ , 発見された糞塊内の糞粒の合計数をそれぞれ  $f'_i$  および  $f'_{i+1}$ ,  $t_{i+1}$  において未記号糞塊内に見出された糞粒総数を  $f''_{i+1}$ ,  $t_i$  の発見新糞塊中  $t_{i+1}$  まで残存したものに含まれている粒数を  $f''_{i-i+1}$ ,  $t_i$  時の糞粒発見率を  $\beta_i$ ,  $t_i \sim t_{i+1}$  間の糞粒瞬間消失率を  $c'_i$ ,  $t_i$  より  $t_{i+1}$  までの消失率を  $d_i$ , 単位時間内糞粒付加数を  $a_i (=A_i \bar{h}_0)$  とすれば

$$f''_{i+1} = \frac{\beta_{i+1}}{\beta_i} f'_i (1 - \beta_i) (1 - d_i) + \beta_{i+1} \frac{a_i}{c'_i} d_i \quad (56)$$

これより

$$a_i = \frac{c'_i \left\{ f''_{i+1} - \frac{\beta_{i+1}}{\beta_i} f'_i (1 - \beta_i) (1 - d_i) \right\}}{\beta_{i+1} d_i} \quad (57)$$

なお

$$d_i = 1 - \frac{f''_{i-i+1}}{f'_{i-i+1}} \quad (58)$$

また発見率  $\beta$  については, 引きつづいて2回行なった調査において第1回の発見糞粒数を  $f'_I$ , 第2回目の新発見糞粒数を  $f''_{II}$  とすれば

$$\beta = 1 - \frac{f''_{II}}{f'_I} \quad (59)$$

$a_i$  が得られたならカモシカ個体数は

$$\begin{aligned} n_i &= \frac{a_i}{z} \\ &= \frac{A_i \bar{h}_0}{H \bar{h}_0} \\ &= \frac{A_i}{H} \end{aligned} \quad (60)$$

として求めることができる。なお上記の  $z$  は1頭による単位時間糞粒付加量,  $H$  は1頭による単位時間糞塊付加量である。もっとも糞塊発見率  $\alpha$  について述べたように, 糞塊の大きさによって発見率が異なる場合は (59) による  $\beta$  の推定値は過大となるおそれがある。この点については次章においてもう一度取り上げることにする。

上記 (1) 式より (60) 式までに使用した記号を便宜のためまとめて表示したものが表7である。

表 7 記 号 表

関係事項	記 号	説 明
個 体 数	$n$	カ モ シ カ 個 体 数
糞 塊 に 関 す る も の	$F$ $F_0$ $F_1, F_2, \dots$ $F'_1, F'_2, \dots$ $F'_{1-2}$ $F''_2, F''_3, \dots$ $F''_{2-3}, F''_{3-4}, \dots$ $G_{i-i+1}$ $G'_{i-i+1}$	糞塊数 糞粒数 $v$ 個以上のもつ糞塊数 $t_1, t_2, \dots$ 時の糞塊数 $t_1, t_2, \dots$ 時の発見糞塊数 $F'_1$ の中 $t_2$ 時まで残存した糞塊数 $t_2, t_3, \dots$ 時に新しく発見された糞塊数 $F'_2, F'_3, \dots$ のうち $t_3, t_4, \dots$ 時までそれぞれ残存した糞塊数 $t_1 \sim t_{i+1}$ の間にその地域に新しく付加された糞塊中 $t_{i+1}$ までの残 存数 (従属消失のない場合) 同 上 (独立消失, 従属消失ともに作用する場合)
	糞塊発見率に関 $F'_I$ $F''_N$ $S_{N-1}$ $\alpha$ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$	発見率調査における第 $I$ 回調査での発見糞塊数 発見率調査において第 $N$ 回調査で新しく見出された糞塊数 同上において第 $N-1$ 回までに発見された糞塊総数 糞塊発見率 $t_1, t_2, t_3, \dots$ 各調査時における糞塊発見率
	糞塊の付加、消失に関するもの $H$ $A$ $A_1, A_2, A_3, \dots$ $U$ $b$ $b_1, b_2, b_3, \dots$ $D_1, D_2, D_3, \dots$ $K$ $b''$ $D'_1, D'_2, D'_3, \dots$ $D''_1, D''_2, D''_3, \dots$ $D_{0t}$	カモシカ 1 頭の単位時間糞塊産出数 調査面積内への単位時間糞塊付加数 $t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, t_3 \sim t_4, \dots$ のそれぞれの期間内での単位時間糞塊付加 数 単位時間糞塊消失数 糞塊瞬間消失率 (糞塊瞬間独立消失率) $t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, t_3 \sim t_4, \dots$ のそれぞれの期間内での糞塊瞬間消失率 $t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, t_3 \sim t_4, \dots$ のそれぞれの期間内での糞塊消失率 (糞塊 独立消失率) 糞塊消失が特定の時期にだけ起こる場合, その時期における糞塊消 失率 見かけの糞塊瞬間全消失率 糞塊従属消失率 糞塊全消失率 $G_{t-i+1}$ に作用した糞塊従属消失率
糞 粒 密 度 に 関 す る も の	$f, f_0$ $f_1, f_2, f_3, \dots$ $f'$ $f'_1$ $f'_{1-2}$ $f'_2, f'_3, \dots$ $f'_{2-3}, f'_{3-4}, \dots$ $q_{1-2}$	糞粒総数 $t_1, t_2, t_3, \dots$ 時の糞粒総数 発見糞粒総数 $t_1$ 時の発見糞粒総数 $f'_1$ の中 $t_2$ 時まで残存した糞粒数 $t_2, t_3, \dots$ 時に新しく発見された糞粒数 $f'_2, f'_3, \dots$ のそれぞれのうち $t_3, t_4, \dots$ 時まで残存した糞粒数 $t_1 \sim t_2$ の間にその地域に新しく付加された糞粒中 $t_2$ まで残存し た糞粒数

糞粒に 関する もの	$v$	糞塊として認定できる最小の糞塊内糞粒数
	$r$	調査地内の1糞塊平均糞粒数
糞粒に 関する もの	$m$	$\ln \frac{h_0}{v}$ の期待値
	$\hat{m}$	同上推定値
糞にも 粒関の 採集する	$k_{i1}, k_{i2}, \dots$	第 <i>i</i> 糞塊での $t_1, t_2, \dots$ 時の採集糞粒数
	$p_{i1}, p_{i2}, \dots$	$t_1, t_2, \dots$ における第 <i>i</i> 糞塊よりの糞粒採集割合
糞粒の 付加、 消失に 関する もの	$\rho_{i1}, \rho_{i2}, \dots$	第 <i>i</i> 糞塊内での $t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, \dots$ 間の糞粒消失率
	$\bar{\rho}_1, \bar{\rho}_2, \dots$	$t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, \dots$ 間の糞塊内平均糞粒消失率
	$c$	糞塊中の糞粒瞬間消失率
	$c'$	調査地における糞粒瞬間消失率 ( $=b+c$ )
	$d_1, d_2, \dots$	調査地における $t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, \dots$ 間の糞粒消失率
	$h_0$	脱糞時の1糞塊内糞粒数
	$\bar{h}_0$	脱糞時の1糞塊内平均糞粒数
	$a$	単位時間糞粒付加数
	$a_1, a_2, \dots$	$t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, \dots$ のそれぞれの期間内の単位時間糞粒付加数
	$z$	1頭のカモシカによる単位時間糞粒付加数
時間 に 関 する もの	$t_1, t_2, \dots$	第1回, 第2回, $\dots$ の調査時点
	$\tau$	調査の時間的間隔
	$\tau_1, \tau_2, \dots$	$t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, \dots$ の時間的間隔
	$T_1$	糞塊消失が特定の時期に起こる場合, 第1年目の調査時より消失期までの期間
	$T_2$	同上の場合, 消失期より第2年目調査までの期間
	$M$	糞塊の「平均寿命」
	$\theta$	糞塊内糞粒が脱糞当初より減少して $v$ 個に達するまでの平均時間。
	$\hat{\theta}$	糞塊の「生理的平均寿命」
時間 に 関 する もの	$\hat{\theta}$	同上の推定値
	$L$	糞粒の「平均寿命」

#### IV 結果および考察

##### A 糞塊糞粒消失率

野外における糞塊の消失には, 前にも述べたとおり1つの糞塊が何かの原因でそっくり消失する場合(独立消失)と, 糞粒の散乱や崩壊によって糞塊自体が漸次的に崩壊して行くことによって起こる消失(従属消失)とが含まれるが, とりあえずこの両者を含めた糞塊全消失率( $D''$ ), およびこれから計算される見かけの月単位瞬間糞塊全消失( $b''$ )を, 2つの調査時点にはさまれた各期間毎に示せば表8のとおりである。この表から見ると, 糞塊消失は特定の時

表 8 各地点の糞塊消失率および月単位瞬間消失率

調 査 場 所	秋 — 翌年初夏			初夏 — 秋			秋 初夏 — 翌年初夏				
	$H_1-H_2$ ( $7\frac{1}{3}$ 月)			$H_2-H_3$ ( $5\frac{1}{3}$ 月)			$H_2-H_4$ ( $12\frac{1}{3}$ 月)				
	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )		
トウクズレ谷下部	44	0.1818	0.0274	19	0.2105	0.0441	40	0.3750	0.0381		
トウクズレ谷上部											
猿 ケ 浄 土	14	0.2143	0.0329	17	0.4118	0.0995					
カ マ ソ コ				45	0.1556	0.0317					
カ モ ウ リ											
調 査 場 所	$H_3-H_4$ (7月)			$H_4-H_5$ (4月)			$H_5-H_6$ ( $12\frac{2}{3}$ 月)			平 均	
	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	瞬間消失率( $b''$ )
	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	消失率( $D''$ )	瞬間消失率( $b''$ )	標本糞塊数	瞬間消失率( $b''$ )
トウクズレ谷下部	22	0.2727	0.0455	28	0.1429	0.0386	16	0.3750	0.0371	169	0.0369
トウクズレ谷上部				17	0.1176	0.0312				17	0.0312
猿 ケ 浄 土	7	1.0000	—							38	0.0941
カ マ ソ コ	43	0.0930	0.0125							88	0.0223
カ モ ウ リ	13	0.5843	0.1225							13	0.1225
季 節 平 均	標本糞塊数	平均期間(月)	平均瞬間消失率	標本糞塊数	平均期間(月)	平均瞬間消失率	標本糞塊数	平均期間(月)	平均瞬間消失率		
	143	7.2	0.0403	126	4.8	0.0440	56	12.4	0.0379	325	0.0428

$H_1$ …1966年10月中旬,  $H_2$ …1967年5月中旬,  $H_3$ …1967年10月下旬,  $H_4$ …1968年6月上旬,  
 $H_5$ …1968年9月下旬~10月上旬,  $H_6$ …1969年10月中旬.

期にだけ限られるということではなく、初夏から秋、および秋から翌年初夏の両方の期間にわたって、平均的にはほぼ同じ率で起こっていることがわかる。ただし  $H_2$  (1967年5月) より  $H_3$  (同年10月) にかけての期間だけは、他の時期にくらべてかなり高い値を示している。なお地域による消失率の違いも若干認められる。

糞塊の場合と同様に、全糞粒についての各期間の消失率 ( $d$ ) および月単位瞬間消失率  $d'$  を調べた結果は表9に示されている。この表からわかるように、糞粒消失も糞塊消失と同様季節による違いは著しくないが、ただ  $H_2$  から





$H_3$  にかけての期間だけは若干高い値を示している。なお地点による違いはやはり認められ、糞塊瞬間消失率の高い場所（猿ヶ浄土、カモウリ）では糞粒瞬間消失率もまた高くなっている。平均的に見て、ある時点で見出される糞塊中1年後まで残存するものは約62%、糞粒については30%足らずである。

上記の糞粒消失率は、糞塊中の糞粒の漸次的消失とともに糞塊の独立消失による糞粒の消失をも含んでいるが、この両者を分離してそれぞれの消失率を見出すため、2つの調査時点にまたがって残存する糞塊中の糞粒瞬間消失率( $c$ )を求めた結果も表9に示す。なおさきの糞粒瞬間全消失率  $c'$  と  $c$  との差は(55)式に示されるように糞塊の瞬間独立消失率  $b$  であるから、このようにして求められた  $b$  の値も表9に併せ示した。なお地点ごとおよび全地点の  $c$ ,  $c'$ ,  $b$  の平均値は表10に示してある。

表 10 各地点平均糞粒全消失、糞塊内糞粒消失、糞塊独立消失

	糞 粒 全 消 失 $c'$	糞塊内糞粒消失 $c$	糞塊 独 立 消 失 $b$
トウクズレ谷下部	0.1132	0.1016	0.0116
トウクズレ谷上部	0.0933	0.0902	0.0031
猿ヶ浄土	0.2227	0.1911	0.0316
カマソコ	0.1178	0.0994	0.0184
カモウリ	0.2727	0.2232	0.0495
全 平 均	0.1320	0.1141	0.0179

表10によれば、糞塊独立消失率が高い値を示す地点では、糞塊内糞粒消失率もまた高い傾向がうかがわれる。これは糞塊消失を起こす物理的原因は同時に残存糞塊に対しても大きい糞粒消失をひき起こしていることを示すものと思われる。独立消失とはいいいながら、糞塊内糞粒減少とは必ずしも無関係ではないことを物語っている。もっとも表9の各地点の時期毎の  $b$  と  $c$  との間ではこの関係は明瞭ではないが、この原因の一つとしては、時として独立消失が不完全に起こり、1つの糞塊中の大部分の糞粒が消失しても一部が残留するため、結果的には、高い糞塊内糞粒消失率と低い独立消失率とが現れることが考えられる。

なお糞粒消失率から計算される糞塊瞬間独立消失率  $b$  (表10) と、見かけの糞塊瞬間消失率 ( $b''$ ) (表8) とをくらべると、前者の平均値 0.018 に対して後

者の平均値は0.043となっていて、前者の2倍以上の値である。両者の差はいうまでもなく糞塊従属消失率の大きさを示すものと考えられるが、この数字から見ると従属消失は独立消失よりも高い割合で起こっているといえる。

## B 糞塊、糞粒発見率

1966年9月トウクズレ谷下部において連続2回の発見率調査を行なった。調査者は6名、2本の枝尾根の間を小谷をはさんで10m間隔に散開し、下方から上方へと距離約150mにわたって調査を行なった。ただし一部では尾根がせばまったため調査者の相互間隔は約3m程度にせまくなっている。所要時間は第1回約2.5時間、第2回約2.3時間、調査面積は約0.4haであった。

発見された糞塊数は第I回( $F_I'$ )28個、第II回には新しいもの( $F_{II}''$ )として7個であったから、発見率は

$$\begin{aligned}\alpha &= 1 - \frac{F_{II}''}{F_I'} \\ &= 1 - \frac{7}{28} \\ &= 0.75\end{aligned}$$

糞粒発見率については、第I回発見の糞粒数( $f_I'$ )は8,851、第II回目に新しく見出した糞塊中の糞粒数( $f_{II}''$ )869、これより

$$\begin{aligned}\beta &= 1 - \frac{f_{II}''}{f_I'} \\ &= 0.87\end{aligned}$$

$\beta$ の方が $\alpha$ より大きいのは、第I回調査では比較的大型の糞塊が見つかり易いことを示すものであろう。第I回発見糞塊の1糞塊平均糞粒数280に対して、第II回の新発見糞塊の平均粒数は124であって、第I回調査では小糞塊が見落され易い傾向を明らかに示している。そしてこの傾向から考えるならば、調査を重ねた場合、なお多くの小糞塊が発見され、結局第I回調査における糞塊発見率は実際は0.75よりはるかに小さい値をとる可能性がある。

これを裏書きするものは図6に示した計算による各糞塊粒数の確率密度分布の近似値と、発見糞塊の粒数分布との関係である。このうち確率密度分布は図1の新糞の粒数分布をもととし、単位時間付加糞塊数ならびにその粒数分布一定、独立消失率および糞塊内糞粒瞬間減少率は全地域平均の $b=0.0179$ 、 $c=$

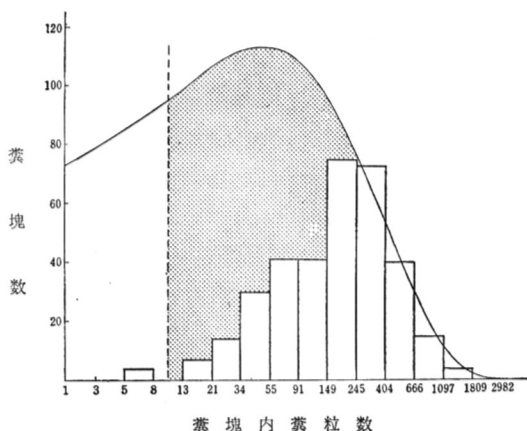


図6 平衡状態における糞塊内粒子数分布計算値と発見糞塊の粒子数分布との比較（黒点部分は見落とし糞塊数）（計算値は  $b = 0.0179$ ,  $c = 0.1141$  を用いる）

0.1141 を用いて数値計算によって求めたものである。この場合新糞の粒子数に対して自然対数変換値を用いると、その値が  $u$  だけ減少するに要する時間は  $u/0.1141$ , その間の糞塊独立残存率は

$$e^{-b \frac{u}{c}} = e^{-0.0179 \times \frac{u}{0.1141}}$$

となるから、各粒子数（変換値）に対する新糞糞塊数に上記の残存率を乗じたそれぞれの値を、はじめの粒子数（変換値）より  $u$  を差引いた粒子数（変換値）に対する糞塊数とすれば、この分布は  $u/0.1141$  時間前に産出された糞塊中、現在まで残存したものの分布である。 $u$  を 0.5 きざみとし、各時間前からのすべての残存糞塊について残存粒子数の分布を求め、これを重ねることによって上記の確率密度分布の近似値を求めることができる。

さて上記の確率密度曲線と比較すべき実際の発見糞塊の粒子数分布は、各地点での最初の糞塊調査によって得た粒子数分布を合せて平均的な発見糞塊粒子数分布とした。この分布曲線の右側すなわち 245 粒以上の粒子数をもつ糞塊数の分布は、図6に示すように確率密度曲線とほぼ合致させることができるが、この場合小糞塊については明らかに理論的な密度曲線よりは低い値を示している。各粒子数についての実測値の理論値に対する比は、大糞塊発見率に対する各小糞塊の発見率の割合を示すものであって、その値は図7に見られるように、糞粒数約 100 程度以下の小糞塊では大糞塊の発見率の 1/2 以下となっている。

図6の確率密度曲線と横軸でかこまれる面積のうち 11 粒以上の部分に対し

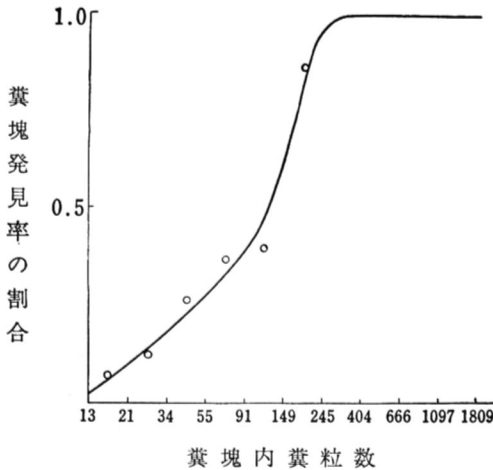


図7 糞塊の大きさによる発見率の割合  
(245粒以上の糞塊の発見率を1とする)

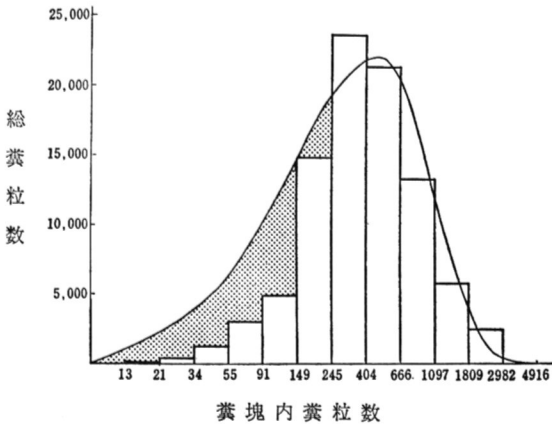


図8 平衡状態における糞塊の大きさと糞粒発見数との関係  
—— 糞塊の大きさに対する糞粒数計算値  
棒線：実測値  
(黒点部分は見落とし糞粒数)

て、斜線でかこんだ部分の割合は、大糞塊発見率を1とした時の平均糞塊見落し率である。その値は約0.57となるから、発見割合は0.43である。

ただし1回の調査では大糞塊でもある程度の見落とし率を見込む必要があるか

ら、糞塊発見率はさらに低下するであろう。トウクズレ谷の発見率調査では、245粒以上の糞塊だけについての $\alpha$ の計算値は0.9となるから、これを標準的な大糞塊発見率と仮定すれば、0.9に上記0.43に乘じた値、すなわち0.39を本調査における11粒以上の糞塊についての平均発見率とすることができる。

一方糞粒については、便宜上各粒数階級の最大値と最小値との平均をもって、それぞれの階級の平均粒数とし、これに糞塊数を乘じて得た総糞粒数を、11粒以上の糞塊の理論値と実測値のそれぞれについて求めた結果は、図8に示すとおり、小糞塊の見落しの影響は糞塊単位の場合にくらべてはるかに小さいことがわかる。この図から計算される糞粒平均発見率（245粒以上をもつ糞塊については発見率1とする）は0.80となり、糞塊の場合の0.43とくらべると、2倍に近い。大糞塊の標準発見率を0.9とすれば、0.8に0.9を乘じた値、すなわち0.72を本調査における糞粒の平均発見率とみなすことができる。

上記の糞塊および糞粒発見率は糞の付加消失が釣合っている平衡状態における値である。これに対して、2回の調査の間の期間内に付加された糞の場合は、その期間が短かければ短いだけ糞粒ならびに糞塊の消失は少なく、したがって第2回目の調査時までの残留糞塊の糞粒分布は新糞の糞粒分布に近くなる

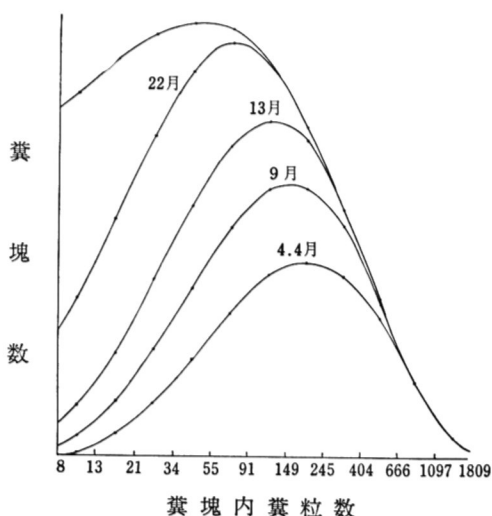


図9 存在糞塊中、前回調査時以後に付加されたものについての糞数分布  
(各曲線につけた月数は前回調査以後の時間経過を示す)

表 11 各調査時における発見率と発見糞中前回よりの残留糞数計算のための係数

場 所	調査時	前回調査	発 見 率		(新発見糞中の前回よりの 残留糞) 計算の係数( $\phi$ )*	
			$\alpha$	$\beta$	糞 塊	糞 粒
トウクズレ谷方形区	$H_1$	—	0.43	0.80	—	—
	$H_2$	$H_1$	0.63	0.89	0.30	0.084
	$H_3$	$H_2$	0.65	0.89	0.19	0.056
	$H_4$	$H_3$	0.63	0.89	0.10	0.060
	$H_5$	$H_4$	0.67	0.90	0.17	0.060
	$H_6$	$H_5$	0.56	0.85	0.25	0.068
トウクズレ谷下部 AB地区	$H_1$	—	0.43	0.80	—	—
	$H_2$	$H_1$	0.63	0.89	0.30	0.084
	$H_4$	$H_2$	0.50	0.77	0.22	0.068
	$H_5$	$H_4$	0.60	0.81	0.26	0.145
	$H_6$	$H_5$	0.50	0.77	0.32	0.170
そ の 他 の 場 所	$H_1$	—	0.39	0.72	—	—
	$H_2$	—	0.39	0.72	—	—
		$H_1$	0.56	0.80	$\begin{cases} \text{I } 0.37 \\ \text{II } - \end{cases}$	$\begin{cases} 0.178^{***} \\ - \end{cases}$
	$H_3$	—	0.39	0.72	—	—
		$H_2$	0.58	0.81	$\begin{cases} \text{I } 0.37 \\ \text{II } 0.27 \end{cases}$	$\begin{cases} 0.178 \\ 0.150 \end{cases}$
	$H_4$	—	0.39	0.72	—	—
		$H_3$	0.57	0.80	$\begin{cases} \text{I } 0.37 \\ \text{II } 0.28 \end{cases}$	$\begin{cases} 0.178 \\ 0.154 \end{cases}$
	$H_5$	—	0.39	0.72	—	—
		$H_4$	0.60	0.81	$\begin{cases} \text{I } 0.37 \\ \text{II } 0.26 \end{cases}$	$\begin{cases} 0.178 \\ 0.145 \end{cases}$
	$H_6$	—	0.39	0.72	—	—
		$H_5$	0.56	0.77	$\begin{cases} \text{I } 0.37 \\ \text{II } 0.32 \end{cases}$	$\begin{cases} 0.178 \\ 0.170 \end{cases}$

\* 新発見糞中の前回よりの残留糞=(前回新発見糞)×(残留率)× $\phi$ \*\*\* }  $\phi$  計算値

I は前回調査がその地区での第1回調査に当たる場合

II は前回調査がその地区での第2回以降の調査に当たる場合

であろう。さきに平衡状態の粒数分布を求めたと同様の手続きによって、一定期間内だけの各大きさの糞塊の蓄積を、新糞分布と  $b$ ,  $c$  の平均値とを用いて求めてみると、図 9 に示すように、上記の予想を裏書きする分布曲線が、それぞれの期間の長さに応じて得られる。この関係からすれば、糞塊ならびに糞粒発見率も、調査の時間間隔の大小によって異なることになるであろう。図 7 の糞塊発見率をもとに、本調査のそれぞれの調査間隔に応じての各調査日の発見率を計算した結果は表 11 に示す。ただしこの表では、トウクズレ谷下部 A, B 地区  $H_1$ ,  $H_2$  および同方形区の各調査日における大糞塊発見率を 1, 他の場所では 0.9 として総合的な発見率を求めたものである。

発見率と関係するものは付加糞塊数および付加糞粒数計算のための (18) 式および (57) 式中の

$$F\alpha_{i+1}(1-\alpha_i)(1-D_i) \quad (\text{糞塊})$$

$$f\beta_{i+1}(1-\beta_i)(1-d_i) \quad (\text{糞粒}),$$

すなわち、第  $i$  回調査時の見落しの糞塊、糞粒中第  $i+1$  回目に発見される糞塊および糞粒数である。発見割合は糞塊の大きさによって異なるから、 $\alpha_{i+1}=\alpha_i=\alpha$  の場合でも、各大きさの糞塊ごとの発見率を  $\alpha'$  とすれば、上記の見落とし糞の数は近似的に

$$\Sigma F_j \alpha'_{i+1,j} (1-\alpha'_{i,j}) (1-D_i)$$

および

$$\Sigma f_j F_j \alpha'_{i+1,j} (1-\alpha'_{i,j}) (1-d_i)$$

となるであろう。近似的とした理由は  $D_i$ ,  $d_i$  もまた糞塊の大きさによって異なるはずであるのに、便宜的に糞塊の大きさにかかわらず一定とおいたからである。図 7 の各糞塊の大きさに応ずる発見率より

$$\begin{aligned} \text{糞塊} \cdots & \Sigma F_j \alpha'_{i+1,j} - \Sigma F_j \alpha'_{i,j} \cdot \alpha'_{i+1,j} \\ &= F_i'' \frac{\Sigma F_j \alpha'_{i+1,j}}{\Sigma F_j \alpha'_{i,j}} \left( 1 - \frac{\Sigma F_j \alpha'_{i,j} \cdot \alpha'_{i+1,j}}{\Sigma F_j \alpha'_{i+1,j}} \right) \\ &= F_i'' \varphi_F \\ \text{糞粒} \cdots & \Sigma f_j F_j \alpha'_{i+1,j} - \Sigma f_j F_j \alpha'_{i,j} \alpha'_{i+1,j} \\ &= f_i'' \frac{\Sigma f_j F_j \alpha'_{i+1,j}}{\Sigma f_j F_j \alpha'_{i,j}} \left( 1 - \frac{\Sigma f_j F_j \alpha'_{i,j} \alpha'_{i+1,j}}{\Sigma f_j F_j \alpha'_{i+1,j}} \right) \\ &= f_i'' \varphi_f \end{aligned}$$

として右辺の  $F_i''$ ,  $f_i''$  の係数 ( $\varphi_F$ ,  $\varphi_f$ ) を計算した結果も表 11 にのせた。



なお  $\alpha'_{i+1,j}$  と  $\alpha'_{i,j}$  はトウクズレ谷 A, B 地区の  $H_1$ ,  $H_2$  と  $H_3$  以後との間では異なるけれども, 他の場合は

$$\alpha'_{i+1,j} = \alpha'_{i,j} = \alpha'_j$$

とおいた。したがって上記係数は一般の場合は

$$\varphi_F = 1 - \frac{\sum F_j \alpha_j'^2}{\sum F_j \alpha_j'}$$

$$\varphi_f = 1 - \frac{\sum f_j F_j \alpha_j'^2}{\sum f_j F_j \alpha_j'}$$

として求めたものである。厳密に言えば時間経過とともに起こる糞塊の大きさの減少と, これによる発見率の変化を織り込むべきであり, またそれ以上に場所の条件の相違による  $\alpha'_j$  の違いを取り上げるべきであるが, 前者については簡便化のため, 後者については資料不足のため, 一応方形区などを除いて  $\alpha'_j$  は一定として扱った。

さて上記の発見率計算の基礎として用いたのは 図 1 の新糞粒数分布であるが, この分布自体の中にすでに小糞塊見落しの影響が入っているのではないかという疑問が起こる。しかし新糞の場合は落葉にかくされるおそれが比較的少なく, 光沢その他によってかなり目立ち易いため, たとえ糞塊の大きさによる見落とし率の大小はあっても, その程度は著しくはないものと思われる。この吟味のため, トウクズレ谷下部および同方形区合計の  $H_2$  時点での新発見糞塊の分布を図10に示す。この地区では  $H_1$  調査が他の場合よりも綿密に行なわれて

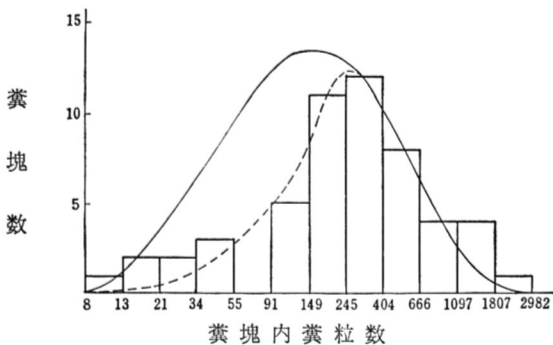


図 10 トウクズレ谷下部  $H_2$  時点での発見糞塊中  $H_1$ — $H_2$  間の産出糞塊の粒数分布推定値と実測値の比較  
 — 全分布計算値  
 ---- 発見糞塊分布推定値

いるので（大糞塊発見率は1と推定）， $H_1$  時の見落とし糞塊残留の影響が比較的少ないと思われるからである。図9の関係から推定される全糞塊についての粒数分布（実線）と，これと各大きさの糞塊発見率（ $\alpha'_j$ ）とから推定される  $H_1$  以後の付加糞塊だけの粒数分布（点線）も図10に同時に示した。これによれば，上記新発見糞塊の粒数分布は，付加糞塊の推定粒数分布とかなりよく近似していることがわかる。ただしこの図で8粒ないし21粒の小糞塊数が推定値より上まわっているのは，おそらく前回見落とし糞塊残留の影響であろう。この結果から見ても，発見率に関する上記取り扱いは，著しい誤りを犯しているものとはいえないであろう。

### C 各調査地の付加糞量と密度の推定

#### トウクズレ谷下部

トウクズレ谷下部の調査地点は，蛇谷本流より約100 m高い標高830 mより1,000 mにわたる小尾根およびこれから派生した小枝尾根およびこれにはさまれた2つの小さい谷を含む約0.9 haの場所であってこのうちには50m×50mの方形区を含んでいる。平均傾斜は約30度でブナの下層木としてクロモジなどの小喬木，灌木がかなり密生し，調査は比較的困難な場所である。

この地点で各調査時に新らしく見出された糞粒数ならびに糞塊数は表12に示すとおりである。ただこの表中の地域A，B（ $H_3$ を除く）および方形区では第

表 12 トウクズレ谷下部の各調査時における新発見糞粒，糞塊数

	地 区	面 積 (ha)	調 査 時 の 新 発 見 糞 粒 , 糞 塊 数					
			$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$H_6$
糞 粒 数	方 形 区	0.25	7,935	2,968	1,456	222	23	0
	A, B地区	0.45	8,899	18,338	—	3,755	590	0
	C, D地区	0.18	8,909	—	—	—	—	—
	計	0.88	25,743					
糞 塊 数	方 形 区	0.25	25	10	9	1	1	0
	A, B地区	0.45	33	41	—	23	5	0
	C, D地区	0.18	30	—	—	—	—	—
	計	0.88	88					

1 回より第 6 回までの毎回調査を行なっているが、地域 C, D は第 2 回以後の調査が不十分であるため、密度推定の資料としては第 1 回調査の分だけを用いた。

### 糞粒法

この地域の各時期の糞粒瞬間全消失率 ( $c'$ ) と、それぞれの時期の糞粒消失率 ( $d$ )、(表 9) と、上記各調査時の新発見糞粒数 (表 12) および表 11 の資料を用いて、(57) 式から  $a$  の値を方形区ならびに A, B 地区について求めた結果を表 13 の  $H_2$  以下の欄に示す。なお  $H_1$  の  $a (=A\bar{h}_0)$  は (49) 式から求めたものである。

算出された  $a$  の値をもとにしてカモシカ密度推定値も表 13 に併せ示した。この場合 1 日 1 頭の脱糞粒数は 1,000 粒、1 ヶ月 30,000 粒を計算の基礎として用いた (これらの値の根拠は前述脱糞量の節参照)。この結果から見ると、カモシカはこの地域に 1966 年より 1967 年にかけてはかなり頻繁に現れていたが以後出現は急激に減少し、1968 年より 1969 年にかけては全然足跡を絶つに至っている。

表 13 トウクズレ谷下部の付加糞粒数およびカモシカ密度

	地 区	調 査 日	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$H_6$
		面 積 (ha)	0.88	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
1 月 当り 付加 糞塊 数*	方 形 区	0.25	1,154	565	512	(0)	(0)	0
	A, B 地区	0.45	1,295	3,820	1,459	1,459	(0)	0
	C, D 地区	0.18	1,439	—	—	—	—	—
	計		3,888	4,385	1,971	1,459	0	0
	1 ha 当り付加糞塊数		4,418	6,264	2,816	2,084	0	0
1 km <sup>2</sup> 当り推定カモシカ密度			14.7	20.9	9.4	6.9	0	0

\* 表中の (0) は計算上少数の付加糞粒のあることになるが、糞塊数の計算では付加数 0 となるため付加糞粒も 0 として扱うことにする。

### 糞塊法

各調査時の新発見糞塊数 (表 12) について (29) 式による単位時間付加糞塊数  $A$  の計算値を、表 14 計算法 I に示す。この計算に用いた各時期の糞塊全消失率  $D''$  は表 8 の資料、糞塊瞬間独立消失率  $b$  は表 9 の資料発見率および  $\varphi$  は表 11 の資料に基づくものである。

さて、(29) 式を用いる代わりに、全消失率  $D''$  とこれから機械的に計算さ

表 14 トウクズレ谷下部の付加糞塊数その他の計算

調 査 日			$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$H_6$
調 査 面 積 (ha)			0.88	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
1月 当り 付加糞塊 数	方 形 区	計算法 I	2.29	0.97	2.44	0	0	0
		" II	2.16	0.94	2.43	0	0	0
	A, B地区	" I	3.02	8.13	3.51	3.51	0	0
		" II	2.84	7.94	3.53	3.53	0	0
	C, D地区	" I	3.05	—	—	—	—	—
		" II	2.88	—	—	—	—	—
	1 ha 当り 付加糞塊数 (平均)	" I	9.50	13.00	8.49	5.01	0	0
		" II	8.95	12.69	8.51	5.04	0	0
	1 km <sup>2</sup> カモシカ 密度推定値	" I	10.6	14.4	9.4	5.6	0	0
		" II	9.9	14.1	9.5	5.6	0	0
付加糞塊平均粒数	" I	465	482	331	416	—	—	
	" II	494	494	331	414	—	—	

れる見かけの瞬間全消失率  $b''$  (表8) とを用いて (18) 式から求めた  $A$  の値を, (29) 式による計算値とくらべたのが表14の計算法 II である。この表に示されているように両者の差はごく僅かであるから, はるかに簡便な計算法 II を用いても実用的には差支えないと考えられる。なお表14における  $H_1$  の  $A$  の値は, I においてはこの地域の平均  $b, c$  ( $b=0.0116, c=0.1016$ ) を用いて (50) 式から, II においては (3) 式の  $b$  の代わりに平均  $b''$  ( $b''=0.0369$ ) を用いて (3), (6) 式から求めたものである。

なお表13の付加糞塊数から1日当り1頭糞塊産出数を3としてのカモシカ密度計算を行なうと  $H_1$  においては糞粒法よりもかなり低い。付加糞塊1個当りの平均糞粒数を計算してみると, 表14に見るように  $H_3$  を除いて何れも400粒以上である。このように1糞塊当り平均粒数が多いのは, 糞塊付加数が過少推定になっているためか, あるいは冬期に大糞塊が多く付加されたためであるか, これだけの資料からは判定できないので, 他の地域の資料も併せて後章で考察することにした。

## トウクズレ谷上部

トウクズレ谷上部の調査地点は、下部の調査地点よりやや東方の枝尾根および山腹斜面を含み、標高1,000~1,300mの範囲にわたる、植生その他の状況は下部と大差はない。この地点での調査は  $H_4$  (1968年6月) および  $H_5$  (1968年10月) の2回であるが、それぞれの調査時に新しく発見された糞粒および糞塊数

表 15 トウクズレ谷上部の新発見糞粒、糞塊数

	地 区	面 積 (ha)	$H_4$	$H_5$
新 発 見	$Q_1, Q_2, Q_3$ 地区	0.7	5,670	4,394
糞 粒 数	$Q_4$ 地区	0.55	—	—
新 発 見	$Q_1, Q_2, Q_3$ 地区	0.7	26	11
糞 塊 数	$Q_4$ 地区	0.55	19	—
計		1.25	45	

表 16 トウクズレ谷上部のカモシカ密度の推定

	地 区	面 積 (ha)	糞 粒		糞 塊		
			$H_4$	$H_5$		$H_4$	$H_5$
1 月当り付加糞量	$Q_1, Q_2, Q_3$ 地 区	0.7	762	1,364	計算法 I	2.09	1.13
					" II	2.11	1.13
	$Q_4$ 地 区	0.55	782	—	" I	1.52	—
					" II	1.54	—
1 ha 当り 1 月付加糞量			1,235	1,934	" I	2.89	1.61
					" II	2.92	1.61
1 km <sup>2</sup> 当り カ モ シ カ 密 度			4.1	6.4	" I	3.2	1.8
					" II	3.2	1.8
1 付 加 糞 塊 当 り 平 均 粒 数					" I	428	(1,207)
					" II	423	(1,211)

は表15に示すとおりであり、これに基づいての付加糞塊数、付加糞粒数、およびカモシカ密度の計算値は表16に示すとおりである。なお糞塊法における計算値Ⅰ、Ⅱについては表14の場合と同じである。計算に必要な消失率そのほかはこの調査において得た数値（表8，9，11）を用いた。

表16について興味のあるのは、この谷の下部においてカモシカの出現を見なくなった。 $H_4$ — $H_5$ （1968年6月～1968年10月）においても、ここではある程度の活動が持続されており、糞粒だけから見れば、かえって活動が旺盛になっているともいえる。ただし糞塊法では  $H_4$  より  $H_5$  にかけての密度減少が示されているが、これはおそらくサンプルの大きさの小さいための誤差であろう。

### カ マ ソ コ

カマソコの調査地はトウクズレ谷調査地より谷をへだてた西北約1kmの尾根である。標高約1,000～1,200mの範囲内に任意にA，B，C，Dの4地区をとって調査を行なった。このうちC地区には  $H_2$ ，Dは $H_4$ の調査であるが，A，B地区は  $H_2$ ， $H_3$ ， $H_4$  と3回の継続調査を行なった。それぞれの調査において新らしく発見された糞塊および糞粒数は表17に、これから計算される各時期の付加数およびカモシカ密度は表18にまとめてある。なおこの地域からとったサンプルについての消失率はやや過少と思われるので糞塊瞬間消失率（ $b'$ ），糞粒瞬間消失率（ $c'$ ），および糞塊内糞粒消失率（ $c$ ）の値に全地域平均値（表10）を用いての計算結果をも併せ表示した。糞粒法によれば両者による結果の相違はわずかであるが，糞塊法では特に  $H_2$  の付加糞塊数にかなりの相違が見られ，1糞塊当りの平均粒数においても，本地域のサンプルによる消失率を用い

表 17 カマソコの新発見糞塊糞粒数

	地 区	面 積 (ha)	$H_2$	$H_3$	$H_4$
新発見糞粒数	A, B地区	0.7	10,068	7,329	11,488
	C 地区	0.06	2,532	—	—
	D 地区	0.2	—	—	1,874
新発見糞塊数	A, B地区	0.7	49	38	36
	C 地区	0.06	9	—	—
	D 地区	0.2	—	—	10

表 18 カマソコにおけるカモシカ密度推定 \*

	地 区	面 積 (ha)	糞 粒			糞 塊 (計算法Ⅱ)		
			$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_2$	$H_3$	$H_4$
1 月 当 り 付 加 糞 量	A, B地区	0.7	1,683 (1,887)	2,097 (2,091)	2,585 (3,029)	2.84 (5.45)	7.97 (8.53)	6.27 (8.19)
	C 地区	0.06	423 (474)	—	—	0.52 (1.00)	—	—
	D 地区	0.2	—	—	315 (353)	—	—	0.58 (1.11)
	計		2,106 (2,361)	2,097 (2,091)	2,900 (3,382)	3.36 (6.45)	7.97 (8.53)	6.85 (9.30)
1 ha 当り 1 月付加糞量			2,771 (3,107)	2,996 (2,987)	3,222 (3,580)	4.42 (8.48)	11.39 (12.19)	7.61 (10.33)
1 km <sup>2</sup> 当りカモシカ密度			9.1 (10.4)	10.0 (10.0)	10.7 (10.9)	4.9 (9.4)	12.7 (14.1)	8.5 (9.1)
1 付 加 糞 塊 当 り 粒 数						627 (363)	263 (245)	412 (364)

\* ( ) 内の数字は全地域平均  $b'$ ,  $c'$ ,  $c$  による計算。

るよりも、全地域平均値を用いた結果の方が、比較的安定していることがわかる。少なくとも糞粒法の結果から判断されるかぎりでは、この地域のカモシカの動向は  $H_2 \sim H_4$  の期間にわたって著しい変化はなかったものと思われる。

### カモウリおよびジライ谷

カモウリおよびジライ谷調査場所は、前記カマソコと後に述べる猿ヶ浄土との間にあり、冠山より出る2本の枝尾根のそれぞれ山腹の斜面である。両者の間の距離は直線にして約0.7 kmである。

両地域の新発見糞ならびにこれから計算される付加糞量は一括して表19に載せた。なおこの表中の括弧内の数字はカマソコの場合と同じく全地域平均の  $b'$ ,  $c'$ ,  $c$  を用いての計算値である。計算による1付加糞塊当りの粒数および推定密度は、全地域平均の定数値を用いた場合の値の方よりこの地域のサンプルより得た値を用いた場合の方がむしろ安定しているかのようである。

### 猿ヶ浄土

猿ヶ浄土は中宮温泉の対岸の岩壁上の数段の岩棚であるが、調査はこの岩棚ならびにこれにつづく尾根上の合計7地区について行なった。この地区は傾斜

表 19 カモウリ\* およびジライダニの付加糞量およびカモンカ密度推定

	地 区	面 積	糞 粒			糞 塊		
			$H_3$	$H_4$	$H_5$	$H_3$	$H_4$	$H_5$
新発見糞数	カモウリ A	0.46	3,149	1,153	—	17	6	—
	B	0.28	—	—	3,469	—	—	9
	ジライ谷	0.75	—	—	7,221	—	—	40
1 月 当 り 付 加 量	カモウリ A	0.46	1,214 (591)	429 (256)	—	5.41 (1.89)	1.26 (0.59)	—
	B	0.28	—	—	1,336 (651)	—	—	2.86 (1.00)
	ジライ谷	0.75	—	—	1,355	—	—	4.45
1 ha 当 り 1 月付加量	カモウリ		2,639 (1,285)	933 (557)	4,771 (2,325)	11.76 (4.30)	2.74 (1.28)	10.23 (3.57)
	ジライ谷		—	—	1,780	—	—	5.93
1 km <sup>2</sup> 当 り カモンカ頭数	カモウリ		8.8 (4.3)	3.1 (1.9)	15.9 (7.8)	13.1 (4.8)	3.0 (1.4)	11.4 (4.0)
	ジライ谷		—	—	5.9	—	—	6.6
1 付加糞塊 当 り 粒 数	カモウリ					215 (297)	341 (435)	466 (651)
	ジライ谷					—	—	304

\* この表の資料のほか、 $H_2$ において冠山頂近い標高約1,500mの尾根付近北側山腹で50×50mの方形区調査を行なったが、ここではカモンカの足跡は見られたけれども糞塊数は0であった。

が35°~40°と他地区と比較してやや急峻な場所である。調査の結果は表20に示す。

この岩棚はカモンカにとってねぐらもしくは避難所的な場所であつたらしく、 $H_1$ においては狭隘な場所にかんりの糞が発見された。しかし第2回調査( $H_2$ )以後付加糞は激減した。なおこの付加糞の計算はこの地域のサンプルから得た  $b'$ ,  $c'$ ,  $c$  などの平均値を用いて求めたのである。この場所の糞塊、糞粒などの消失率の高いことも注目される点の一つである。

## ブナ尾

ブナ尾は蛇谷本谷とその支流である雄谷にはさまれた尾根の西端近く、蛇谷



表 20 猿ヶ浄土における付加糞量およびカモシカ密度

	地 区	面 積	糞 粒					糞 塊				
			$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$
新 発 見 糞 量	A, B	0.3	7,870	1,310	652	589	—	25	8	3	2	—
	C	0.1	1,229	—	—	104	—	6	—	—	1	—
	D	0.2	1,477	—	—	—	—	4	—	—	—	—
	E	0.2	—	150	—	0	—	—	1	—	0	—
	F	0.1	—	—	424	—	—	—	—	3	—	—
	G	0.1	—	—	—	—	459	—	—	—	—	3
1 月 当 り 付 加 糞 量	A, B	0.3	2,490	365	236	201	—	6.11	1.14	0.70	0.55	—
	C	0.1	389	(32)	(32)	32	—	1.47	(0.28)	(0.28)	0.28	—
	D	0.2	467	—	—	—	—	0.98	—	—	—	—
	E	0.2	—	47	0	0	—	—	0.24	0	0	—
	F	0.1	—	—	134	—	—	—	—	0.73	—	—
	G	0.1	—	—	—	—	145	—	—	—	—	0.73
	1 ha 当り平均 付 加 量		5,577	(740)	(574)	388	(1,450)	14.27	(2.77)	(2.44)	1.38	(7.33)
1 km <sup>2</sup> 当りカモシカ密度			18.6	2.7	2.1	1.3	(4.8)	15.9	3.1	2.6	1.53	(8.1)
1 付加糞塊 当り粒数								391	(267)	(235)	281	(198)

北岸の調査地の中では最も下流に位置する。調査地点は 標高 1,000 ~ 1,200m, ブナ林である。

この場所での調査は  $H_5$  1 回のみであり、全地域平均の  $b''$ ,  $c'$ ,  $c$  を用いての付加糞塊計算の結果は表21に示す。この結果に基づくカモシカ推定密度は 1 km<sup>2</sup> 当り約 10頭となるが、この値は比較的せまい 1 地区だけから得た値であるから、偶然にカモシカの脱糞場所

表 21 ブナ尾の付加糞量およびカモシカ密度推定 (面積 0.4ha)

調 査 日	$H^5$	
糞 粒 糞 塊 の 別	糞 粒	糞 塊
発 見 糞 量	6,357	28
1 月当り 付 加 糞 量	1,200	3.11
1 月当り 1 ha 付加糞量	3,000	7.78
1 km <sup>2</sup> 当りカモシカ密度	10.0	8.6
1 付加糞塊 当り粒数	385	

として好む地点をサンプリングした可能性もあって、この値をこの地域全体の代表値と直ちに考えることは危険である。しかし何れにせよ、蛇谷沿いのカモシカ棲息域はこの下流地域にまでひろがっていることはたしかである。

### キリバレ、中尾、太尾

この3地域は蛇谷本谷の南側に位置し、調査地点の標高はキリバレ約1,350 m、中尾900m、太尾900～1,150mである。これら地域の付加糞量、カモシカ推定密度は表22に示す。これらの値のうち、中尾および太尾については調査がやや粗漏であったおそれがあるので、実際の付加糞量はこの表の値より若干上回るものと考えられる。また太尾については  $H_3$  の調査をも行なったが、落葉のため発見率がきわめて悪いと判断されたので資料としては採用しなかった。しかしこの時でも新発見糞塊6、粒数2,194を得ているので、粒数について機械的に計算される付加量は1月当り585となり  $H_2$  の値829にくらべてやや低い程度である。これから見ると太尾ではかなりのカモシカ活動が行なわれていると考えられる。

表 22 キリバレ、中尾、太尾の付加糞量および推定カモシカ密度

	地 区	面 積 (ha)	糞 粒			糞 塊		
			$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_2$	$H_3$	$H_4$
発 見 糞 量	キリバレ	0.31	—	—	2,534	—	—	13
	中尾	0.2	1,564	—	—	5	—	—
	太尾	0.6	4,417	—	—	18	—	—
1 月 付 加 糞 量	キリバレ	0.31	—	—	476	—	—	1.45
	中尾	0.2	294	—	—	0.56	—	—
	太尾	0.6	829	—	—	2.00	—	—
1 ha 当り 1 月 付 加 糞 量	キリバレ		—	—	1,535	—	—	4.68
	中尾		1,470	—	—	2.80	—	—
	太尾		1,382	—	—	3.33	—	—
1km <sup>2</sup> 当り カモシカ 密 度	キリバレ		—	—	5.1	—	—	5.2
	中尾		4.9	—	—	3.1	—	—
	太尾		4.6	—	—	3.7	—	—
1 付加糞塊 当り 粒 数	キリバレ					—	—	328
	中尾					525	—	—
	太尾					415	—	—

### リンス、ガンバ、イワマ

この3地域は何れも岩間温泉を中心として約1～2kmの範囲内にあり、蛇

表 23 リンズ, ガンバ, イワマの付加糞量およびカモシカ密度推定

	地 区	面 積 (ha)	糞 粒			糞 塊		
			$H_2$	$H_3$	$H_6$	$H_2$	$H_3$	$H_6$
発見糞量	リンズF, N	0.61	4,243	—	—	16	—	—
	ガンバA, B	0.7	—	4,868	—	—	22	—
	イワマ S	0.5	—	—	7,050	—	—	17
	" Y	0.75	—	—	5,237	—	—	24
1 月 当 り 付 加 糞 量	リンズF, N	0.61	796	—	—	1.78	—	—
	ガンバA, B	0.7	—	914	—	—	2.45	—
	イワマ S	0.5	—	—	1,323	—	—	1.89
	" Y	0.75	—	—	983	—	—	2.67
1 ha 当 り 1 月付加量	リンズF, N	—	1,305	—	—	2.92	—	—
	ガンバA, B	—	—	1,306	—	—	3.49	—
	イワマ S	—	—	—	2,646	—	—	3.78
	" Y	—	—	—	1,311	—	—	3.56
1 km <sup>2</sup> カモシカ密度			4.4	4.4	6.6*	3.2	3.9	4.2*
1 付加糞塊当り粒数						447	374	483*

\* イワマ S, Y の平均

谷本谷からは約 4 km 前後南方に入りこんだ位置にある。これらの場所は何れも西に面していて植生はブナ, ミズナラ林であり, 下生へにはリュウブ, オオカメノキ, クロモジなどが生えている。

各地域で発見された糞塊数および計算された付加糞塊, 糞粒数, カモシカ密度等は表23に示す。この表によれば各地点は相互にかなりへだたってはいるものの, カモシカの出現状態はかなり似かよっていることがわかり, 1 km<sup>2</sup> 当り 4~6 頭のカモシカ推定密度は, この地域一帯の中での棲息適地における平均的な密度であろうと考えられる。

#### D 総個体数の推定

以上述べてきた各調査地での推定密度をまとめたものが表24である。これら各地域の中では各調査時点での推定密度が比較的安定している地域(カマソコ),  $H_2$  以後減少に向っている地域(トウクズレ谷下部, 猿ヶ浄土のG地区を除く場所), 増大の傾向があると思われる地域(トウクズレ谷上部)など, 地域によって密度変動の傾向は必ずしも一定していない。しかも 1 回の調査しか行っていない地域がかなり多く, その調査時点もさまざまであるため, 調査地域全体の個体数推定は容易ではない。しかし比較的新らしい時点での個体数を知るための便宜的方法として密度の変動している地域では  $H_3$  以後の平均密度をもってその

表 24 蛇谷流域のカモシカ総個体数の推定

地 域	各 調 査 時 の 密 度						平 均 密 度		補正密度 ( $\times$ 0.4~0.6)	総 面 積 (km <sup>2</sup> )	推 定 棲息頭数
	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>	H <sub>6</sub>	平均値計 算の範囲	密 度			
トウクズレ谷下部*	14.7 (9.9)	20.9 (14.1)	9.4 (9.5)	6.9 (5.6)	0 (0)	0 (0)	H <sub>3</sub> -H <sub>6</sub> (3.3)	4.1 (3.8)			
同 上部*	—	—	—	4.1 (3.2)	6.4 (1.8)	—	H <sub>4</sub> -H <sub>5</sub> (2.5)	6.6 (5.7)	2.6~4.0 (2.3~3.4)	7	18~28 (16~24)
カ マ ソ コ	—	10.4 (9.4)	10.0 (14.1)	10.9 (9.1)	—	—	H <sub>3</sub> -H <sub>4</sub> (10.9)	10.4 (10.9)			
カ モ ウ リ *	—	[0]**	8.8 (13.1)	3.1 (3.0)	15.9 (11.4)	—	H <sub>3</sub> -H <sub>5</sub> (9.2)	9.3 (9.2)			
ジ ラ イ 谷	—	—	—	—	5.9 (6.6)	—	H <sub>5</sub> (5.9)	5.9 (6.6)			
獵 ケ 淨 土 *	18.6 (15.9)	2.7 (3.1)	2.1 (2.6)	1.3 (1.5)	4.8 (8.1)	—	H <sub>3</sub> -H <sub>5</sub> (4.1)	2.7 (4.1)	2.8~4.2 (2.8~4.3)	11	31~46 (31~47)
ブ ナ 尾	—	—	—	—	10.0 (8.6)	—	H <sub>5</sub> (10.0)	10.0 (8.6)			
キ リ バ レ	—	—	—	—	5.1 (5.2)	—	H <sub>5</sub> (5.1)	5.1 (5.2)			
中 尾	—	4.9 (3.1)	—	—	—	—	H <sub>2</sub> (4.9)	4.9 (4.0)	2.0~2.9 (1.6~2.4)	13	26~38 (21~32)
太 尾	—	4.6 (3.7)	—	—	—	—	H <sub>2</sub> (4.6)	4.6 (3.7)			
リ ソ ズ	—	4.4 (3.2)	—	—	—	—	H <sub>2</sub> (4.4)	4.4 (3.2)			
ガ ソ バ	—	—	—	—	4.4 (3.9)	—	H <sub>5</sub> (4.4)	4.4 (3.9)			
イ ワ マ S	—	—	—	—	—	8.8 (4.2)	H <sub>6</sub> (8.8)	8.8 (4.2)	2.2~3.3 (1.5~2.3)	17	37~56 (28~39)
イ ワ マ Y	—	—	—	—	—	4.4 (4.0)	H <sub>6</sub> (4.4)	4.4 (4.0)			
平 均							6.0 (5.2)		計	48	112~168 (94~142)

( ) 内は養魂法 II による計算値。

\* は、付加養魂計算のための  $b'$ ,  $c'$ ,  $c$  としてその地域のサンプルから得た値を用いたもの。\* のない地域は、全地域平均の  $b'$ ,  $c'$ ,  $c$  を用いての計算を行なったものである。

\*\* 冠山頂付近北側腹方形区。

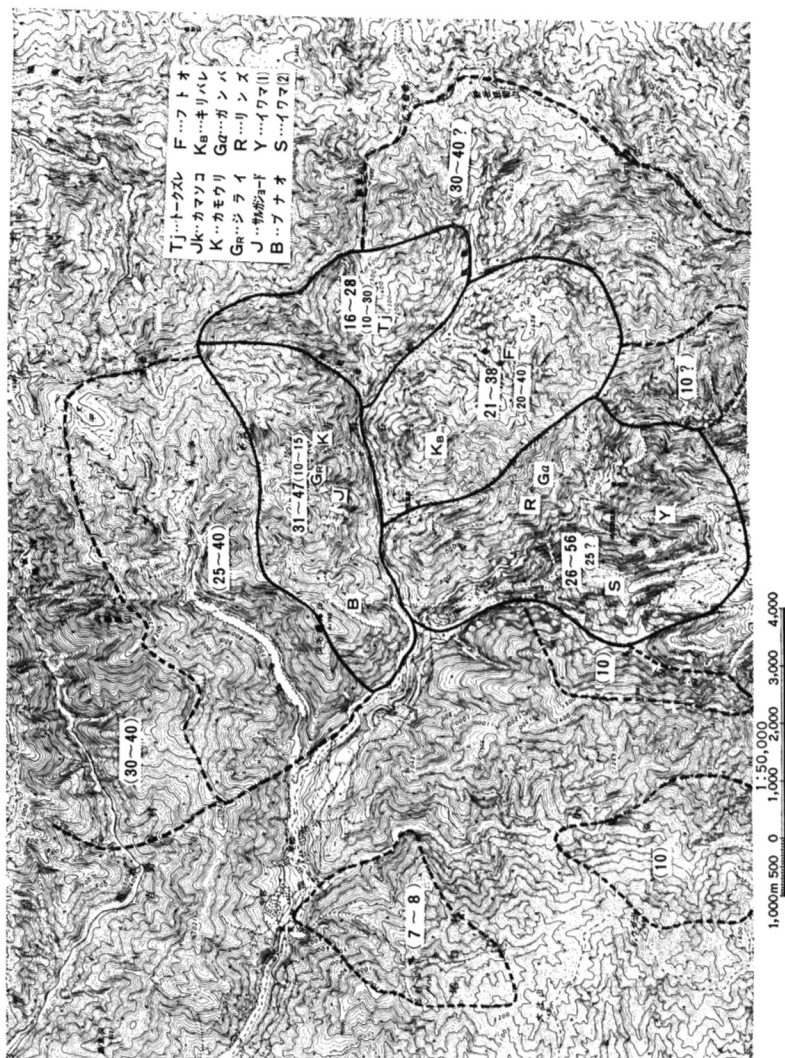
地域の密度を代表させることとし、また  $H_2$  の調査資料しかない所は、やむなくその値をもってその地域の密度とし、これらから各地域群の平均密度を求めた結果も表に示した。これによると  $1\text{km}^2$  当りの地域群カモシカ密度はほぼ 5～7 となっており、全地域平均値としては 6.0 という値を示している。なおこれら数字は糞粒法による計算値であるが、糞塊法によれば平均密度はやや低く、5.2 となっている。ただしこれは計算法Ⅱによる値であるから、もし計算法Ⅰの値を用いればこれより若干高くなるであろう。

さて上記の密度計算を行なった調査地は、なるだけランダムに選定したとはいいいながら、地形的に調査困難な場所は含まれておらず、また無意識のうちに糞塊の多く発見されると予想される場所を選択しているであろう傾向は否定し難い。地形的に調査困難な場所というのも、多くの場合カモシカのあまり利用しない場所になっている可能性が高いので、結局調査は糞密度の高い場所だけに限定して行なわれたおそれが充分にある。したがって上記の調査地から得た密度をそのまま調査対象全地域にあてはめることはかなり危険であって、全地域個体数を推定するためには、上記計算密度をかなり補正した値を用いる必要があろう。表 24 ではその補正值として計算密度に 0.4～0.6 を乗じた値を用いた。0.4～0.6 という補正率は、全地域中での脱糞好適地面積の割合 0.2～0.4、非利用地割合 0.4～0.2、残余の地域は平均的に好適地の 1/2 程度の脱糞が行なわれるものと一応想定した便宜的の率であって、将来カモシカの行動域についての調査や各地域の糞分布の精密調査がすすめば、この補正率はもっと正確な数字によっておきかえられるであろう。

さて上記の補正率を用いての調査対象地域約  $48\text{km}^2$  のカモシカ個体数推定値は糞粒法によれば約 110～170、糞塊法によれば約 90～140 頭である。上記  $48\text{km}^2$  の範囲内には蛇谷にそそぐ支流の雄谷流域および、瓢箪谷その他の蛇谷源流地域、ならびに西方尾添部落付近で、蛇谷本谷に合する支流目付谷流域は含まれていないから、もしこれらを含めた尾添より上流の蛇谷流域のカモシカ頭数は、上記頭数の約 2 倍すなわち 200～350 頭に達すると思われる。これらカモシカの地域分布の概要を図示したものが図 11 である。ただしこの図では今回の調査を行なわなかった地域についても地元での聞き込みによる資料を参考のために示した。試みに、今回の調査区域の範囲内で計算値と聞き込み値を比較すると、計算値合計 94～168 に対して聞き込み値 65～110 となって、聞き込み値の方がやや低目である。もっとも計算値の方は仔の糞と思われる小糞粒の糞塊を

図 11 蛇谷流域のニホンカモシカの分布概要

—— 実線区域内の( ) 無数字は、意によるその地域内の推定頭数  
 ---- 破線区域内の( ) 付数字は、聞き込みによるその地域内の推定頭数



も加えての値であるから、もし成獣だけを対象にするなら計算値は聞き込み値にかなり近いものになると思われる。

## E 考 察

### 密度推定のための糞塊法と糞粒法

本報告ではカモシカ密度推定のために糞塊と糞粒法の2方法を採用したが、その結果は全体として糞塊法による推定値が糞粒法による推定値よりやや低くなった。この値は付加糞塊数計算において計算法Ⅱによる値であるから、計算法Ⅰでは若干高くなるであろうものの、糞粒法にくらべるとやはりやや低いことは免れないであろう。これに対して (1) 糞塊数による推定値が過少であったかまたは糞粒法による値が過大であったか、(2) 1日当り糞塊産出数3個というのは多すぎたか、あるいは1日産出糞粒数1,000個としたのが過少であったか、という疑問が提出される。糞塊数推定値が糞粒法の場合にくらべて特に過少になるのは、1. 小糞塊発見率が本報告で採用した値よりさらに低い場合、2. 糞塊消失率が本計算で用いたよりさらに高い場合などが考えられる。糞塊発見率については調査場所の条件によってかなり相違があるであろうことは予想されるところであったが、資料不十分のためトクズレ谷下部を除いてはすべて同じ規準を用いたから、地域によっては発見率の相違に基づく推定誤差が当然考えられるが、上記の規準を定める際は各地域の糞塊の総合的な糞粒分布をもとにしているから、全平均推定値において糞塊法と糞粒法とで差が生ずるのはむしろ他の原因が強く働いているものと考えてよいだろう。糞塊消失率の推定値が過少であったかもしれぬというのはその一つであって、消失率の推定は発見糞塊について行なったものであるから、消失率の高い可能性のある小糞塊に見落としが多ければ推定消失率は過少となるおそれは充分にある。今、これをたしかめるために各地域において最初の調査で発見された糞塊数、糞粒数から計算される付加糞塊1個当りの糞粒数を調べてみよう。糞塊推定消失率の大小は最初の調査における付加糞塊計算値に対し最も大きく影響を与えるからである。その結果では付加1塊当りの平均糞粒数384、これに対して第2回調査以後の分から計算される付加糞の1塊当り平均粒数は323、ただし前者について計算法Ⅰによる値を求めると約360となっており、第2回調査以後の分はかなり近づくが、それでも幾分の差は認められる。したがって消失率過少推定の影響は多少は働いているものと考えられる。なお上記の付加糞塊1塊当り平均粒数

を全部一括して計算すると計算法Ⅱでは約350、計算法Ⅰでは約340となるから、1日当たり産出糞粒数1,000とすればやはり1日ほぼ3糞塊平均と見ることができる。

上記の結果から見ると、消失率推定誤差の影響は多少はあるにしても、その誤差は10%程度以内であって、密度推定結果を大幅に左右する程度ではないと考えられるとともに、糞塊法、糞粒法の何れを用いても、もし大量の糞を取り扱うならば結果には大差はないものと見ることができる。ただし糞塊法においては局部的には小サンプルしか扱い得ない場合が多いであろうから、標本誤差はかなり大きくなり、場所ごとの推定値の信頼度はかなり低いものになる。表24の糞塊法による推定密度は各地域の密度を単純平均しているため、小サンプル地域の誤差がかなり大きく影響している可能性もある。この点からいえば糞粒法の方が一般的によりすぐれているということができよう。

#### 調査地点数その他の問題

本調査では調査対象地域の広さにくらべて、調査場所数および調査面積が小さすぎるのが最大の欠点である。これは費用と労力の関係上やむを得なかったところではあるが、調査場所での推定密度と全地域を対象とした場合の平均密度との関係をもう少し明確にするための綿密な調査地点網を設置することが今後望ましい。調査場所での密度から全地域密度を推定する際の誤差が大きければ、局部的調査の精度をいくら高めても、全個体数推定値はきわめて信頼度の低いものになるからである。ただし局部的調査の精度を高めるための方法確立しておくことは、将来の研究に対して欠くべからざることであるから、本報告ではこの点にかなりの重点をおいた。もっとも場所による糞塊発見率の相違調査などについてはまだ不備な点が多いけれども、これらもこれからの研究によって明らかにして行きたいと考える。

#### カモシカの行動その他について

カモシカの行動域の広さ、その重なり方あるいは季節による行動の差異、自然状態における死亡率、出生率の問題など、カモシカの生活に関する諸問題でまだ明らかでない点は極めて多い。これらはカモシカ自然個体群の動態把握とその保護のため今後是非探究しなければならない問題である。今回の調査では糞による個体識別とこれによる行動域調査に一部分着手したが、今の段階では



はっきりした結論づけは困難なので、他の問題とともにこれらは将来の報告にゆずりたいと考える。

## V 要 約

1. ニホンカモシカについての従来の知見と、本調査での資料を加えて、形態、すみ場所、行動と行動圏、食物、糞、繁殖と生長などカモシカの生態一般についての叙述を行なった。

2. 1966年秋より1969年秋まで、初夏と秋7～10日間、年に2回（1969年のみ1回）白山の蛇谷流域を中心にニホンカモシカの糞調査を行なった。これにより得られた糞塊数および糞粒数の資料からカモシカ密度推定を行なうための新しい数学的推定方式の開発を行なった。

3. 上記の推定方式に必要な野外での糞塊瞬間全消失率 ( $b''$ )、糞塊独立消失率 ( $b$ )、糞粒瞬間全消失率 ( $c'$ ) 糞塊内糞粒瞬間消失率 ( $c$ ) を調査した結果、月単位の全地域平均値としては  $b''=0.0428$ ,  $b=0.0179$ ,  $c'=0.1320$ ,  $c=0.1141$  を得た。

4. 野外での糞塊発見率は糞塊の大きさによって異なるので、それぞれの糞塊の大きさごとの発見率を計算し、各調査時における総合的发现率を求めた。

5. 上記の諸定数と、各調査時点で新しく発見された糞塊、糞粒数をもとにして各地域のカモシカ密度推定を行なった。その結果、全調査場所の平均密度は  $1\text{ km}^2$  当り 6.0 (糞粒法) あるいは 5.2 (糞塊法) となった。ただし、調査場所は比較的糞密度の高い場所を選択している可能性があるので、全地域の平均密度として上記の値の 0.4～0.6 を用いた場合、蛇谷調査対象地域 (約  $48\text{ km}^2$ ) 内のカモシカ推定頭数は約 90～170 頭、蛇谷流域全体で約 200～350 頭のカモシカが棲息するものと推定された。

6. 糞塊法、糞粒法の両調査法を比較すると、大サンプルでは両者の結果に大差はないが、一般的には後者の方が精度の高い調査法であると考えられる。なお今回の調査における欠点や今後の問題点などについても考察を行なった。

## 引用文献

- 千葉彬司, 1960 冬期に離乳哺育したニホンカモシカの例. ニホンカモシカ飼育年報3: 41—56.
- 千葉彬司, 1966 飼育下におけるカモシカの生態 第1報, 飼育舎内の行動の季節的变化, 哺乳動物学雑誌 3(1): 8—14.
- 千葉彬司, 1968 後立山連峰におけるニホンカモシカの食性の数例. 哺乳動物学雑誌 4(1): 20—25.
- 羽田健三・千葉彬司, 1959 針ノ木岳における大型哺乳類の社会生態学的研究. 第1次基礎調査(1958年度). 針ノ木岳自然とその保護(大町山岳博物館).
- 羽田健三・ほか, 1965 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.
- 羽田健三・ほか, 1966 カモシカの生活史の研究. II, 1966年度の志賀山における糞の分布について. 志賀自然教育研究施設研究業績 5: 1—8.
- 羽田健三・山田 拓, 1967 カモシカの生活史の研究. III, 1967年度の志賀山における糞の分布について. 志賀自然教育研究施設研究業績 6: 11—16.
- 林 清一, 1961 敦賀半島とかもしか. 敦賀市教育委員会編: 1—21.
- 今泉吉典, 1966 カモシカのなかま. どうぶつと動物園 18: 102—105.
- 河合雅雄, 1966 白山のけもの(2). 野猿 25: 8—11.
- 岸田久吉, 1924 『哺乳動物図解』: 367—369.
- 黒田長礼, 1940 『原色日本哺乳類図鑑』: 9 (三省堂).
- 黒田長礼, 1963 哺乳類(内田享監修 動物系統分類学10(下)). 東京(中山書店).
- MOSBY, H.S., 1963 Wildlife investigational techniques. *Wildlife Society*, pp. 1—419.
- 日本カモシカセンター, 1968 特別天然記念物「ニホンカモシカ」. 飼育と観察 No. 8.
- 日本カモシカセンター, 1969 特別天然記念物「ニホンカモシカ」. 飼育と観察 No. 9.
- 小原秀雄, 1969 日本野生哺乳動物記① カモシカ. 自然 24(10): 64—72.
- 岡田弥一郎・角田 保, 1963 鈴鹿山脈哺乳類. 鈴鹿山脈自然科学調査報告書 51—64.
- OKADA, YAICHIRO & TAMOTSU KAKUDA, 1964 Studies on the Japanese Serow, *Capricornis crispus* (TEMMINCK). *Bull. Biogeo. Soc. Japan*, 23(4): 17—22.
- RASMUSEN, D.I. & E.R. DOMAN, 1943 Census methods and their application in the management of mule deer. *Trans. N. Amer. Wildl. Conf.*, 8: 369—380.
- 柴田敏隆, 1966 五葉山での“対面”. どうぶつと動物園 18: 90.
- 柴田敏隆, 1967 丹沢のシカとカモシカ. どうぶつと動物園 19(8): 274.
- TAYLOR, R.H. & R.M. WILLIAMS, 1956 The use of pellet counts for estimating the density of populations of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.). *New Zealand J. Sci. & Techn. Sect. B*, 36(3): 236—256.
- 海川庄一, 1966 ニホンカモシカの飼育状況について. ニホンカモシカ飼育年報 1: 1—33.
- 海川庄一, 1967 山羊乳使用によるニホンカモシカ人工哺育の一例. ニホンカモシカ飼育年報 2: 1—65.
- 海川庄一, 1968 強化山羊乳使用によるニホンカモシカ人工哺育の一例. ニホンカモシカ飼育年報 3: 1—40.
- 和田干蔵, 1923 青森県産カモシカの胎児. 動雑 35: 466—468.
- 安井罔彦, 1967 飼育下におけるニホンカモシカの観察. 動水誌 9(4): 115—118.

## 註

- 1) [284頁] 東滋氏調査(河合, 1966による).
- 2) [290頁] 羽田ら(1969)による.
- 3) [296頁] 日本生態学会第12回大会(札幌)(1965)講演.