

ハイマツ球果および種子の生産と消失

相馬 潔¹・山本雅道²・吉田利男¹・清水建美³・

豊国秀夫⁴ (信州大学教養部)

Kiyoshi Soma, Masamichi Yamamoto, Toshio Yoshida, Tatemi Shimizu and Hideo Toyokuni:

Production and disappearance of cones and seeds of Siberian dwarf pine (*Pinus pumila*) in Mt. Norikura

はじめに

種子の生産量とその散布様式は植物群落の更新や分布の拡大にとって重要な要因の一つである。マツ属には無翼の大型種子を持つ種があるが、そうしたマツでは鳥類やリスなどの収穫・貯食により種子が散布される。植物と種子散布者の間には密接な関係が予想され、球果や種子の形態的特性と散布者あるいは捕食者である動物の形態の相互適応が検討されている (Smith 1970, Wall and Balda 1977)。ハイマツは無翼の大型種子を生産する。ハイマツでは現存群落の維持は伏条更新によることが多いが、未分布地への進出には実生による更新が不可欠である (沖津・溝口1990) ので、

種子の生産と散布は重要である。球果の生産量は赤石山脈仙丈ヶ岳、御岳山、飛騨山脈五色ヶ原で調査され、生産量とハイマツの大きさや生長量との関係が検討されている (沖津・溝口 1990, 1991)。ハイマツ種子の収穫と貯食ではホシガラスがよく観察され、晩秋には球果のほとんどが消失する (林田 1993)。著者らは北アルプスの南端、乗鞍岳のハイマツ林で種子生産量などについていくつかの調査を行ってきた。ここでは、種子生産量の推定および球果・種子の消失に関わる動物について報告する。この報文は1987, 1988年と1993, 1994年の特定研究の報告書の内容をまとめ直したものである。

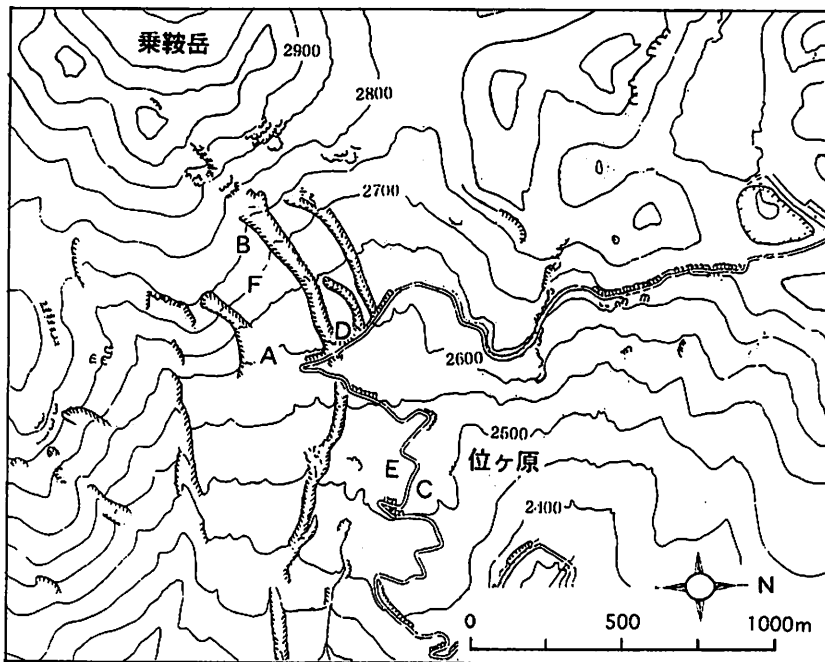


図1. 調査地地図

現所属 ¹信州大学農学部, ²信州大学理学部, ³金沢大学理学部, ⁴死去

野外調査の一部を援助してくれた生物学ゼミナールの学生諸氏に感謝します。調査に種々の便宜を与えられた環境庁中部山岳国立公園管理事務所、松本営林署、長野県松本建設事務所に深謝します。

調査地および調査方法

調査地は松本市の南西約35 km、長野県と岐阜県の県境にある乗鞍岳（北緯36度6分12秒、東経137度33分26秒、標高3026 m）の東斜面である（図1）。ハイマツは標高2050 m付近より上方の湿地周辺などに孤立した群落が見られるが、2400 m付近より上部ではオオシラビソ林下の連続した群落になる。オオシラビソは2450 m前後で消失し、その上部に幅の狭いダケカンバ帯がある。位ヶ原は標高2450 mから2600 mの傾斜の緩い斜面で、谷や湿地を除き、2 mを越す丈の高いハイマツ群落で被われている。幹の年輪解析によれば、地上部の樹齢100年前後のハイマツが多く、200年を越すものもある（名取・松田 1966）。位ヶ原の上部から山頂までの間は傾斜が急になり、ハイマツの群落高も減少する。調査は位ヶ原を中心に行われた。

球果の成熟過程

樹上の球果49～70個を採取して実験室に持ち帰り、新鮮なうちに長さ、最も太い部分での長径と短径をノギスで測定した。長径と短径の平均を直径とした。その後、球果の一部を80℃で乾燥し、含水率を求めた。採取は1985年7月から同年10月までの間に5回行った。

球果と種子の生産量

林床に群落高に応じて3 m×3 mあるいは2 m×2 mないしは1 m×1 mの方形枠を設けた。枠内に接地部を持つ幹について、接地部の直径を測り、着生している球果数を数えた。一部の方形枠ではすべての球果を採取し、球果の長さ、最も太い部分での長径と短径および重さを測った。長径と短径の平均を球果の直径とした。次に種子を取り出し、1個づつ重さ

を測った。重さは80℃での乾燥重量である。

球果の樹上からの消失

球果の付いている枝に番号を記入したラベルを取付け、球果がその後どのように消失するか観察した。コントロールとして球果を枝ごと2 mm目のサランネットで包み、ラベルを付けて同様に観察した。1986年と1988年には2年目の球果について、1994年には成熟後越冬した3年目の球果について観察した。

種子の発芽実験

ハイマツ林内にはハイマツの芽生えや稚樹は見られない。そこで、ハイマツ林林床でもハイマツが発芽可能か否かを知るため、1985年9月に種子15粒から30粒をハイマツ林内、林縁のウラジロナナカマド群落内、そのさらに外側の草地に蒔いた。種子は落葉層表面に置き、動物の食害を防ぐために5 mm目の金網で作った20 cm四方、高さ5 cmの箱をかぶせた。2年後の1987年10月に箱を取り除き、芽生えの数を数えた。

林床での球果と種子の消失に関与する動物

林床に球果あるいは種子を置き、赤外線送受信機（ニコンML-3）を利用した写真撮影装置により動物を撮影した。野外の低温下での撮影であったので、すべての電源は断熱材の箱に入れた電池を使い、各々の装置はプラスチック板あるいはポリエチレンフィルムにより防水した。また、ML-3の受信面積は小型の動物には広すぎるので、アルミホイルで5 mm四方に制限した。撮影は1993年11月と1994年6、7月に行った。

結果および討論

球果の成熟過程

球果の生長過程を表1に示した。ハイマツは7月下旬に開花し、球果は翌年の8月中旬に成熟する。そのため8月と9月には年齢の異なる2種の球果が見られるので、両者の生長過程を合わせて球果の生長過程とした。球果は開花年にはあまり生長せず、長さ14 mm前後の

表1. ハイマツ球果の成熟過程 (1985年)

採集日	調査 個数	長さ (mm) m ± s.e.	直径 (mm) m ± s.e.	長さ/直径 m ± s.e.	乾燥重量 (g) m ± s.e.	含水率 (%)
8月23日	49	10.9 ± 0.23	8.3 ± 0.2	1.31 ± 0.01	0.11 ± 0.01	72.8
10月4日	50	14.3 ± 0.21	10.1 ± 0.1	1.41 ± 0.02	0.35 ± 0.01	55.6
7月6日	70	21.8 ± 0.39	17.7 ± 0.2	1.23 ± 0.01	0.80 ± 0.03	75.3
8月8日	50	36.1 ± 0.96	28.8 ± 0.3	1.25 ± 0.02	3.31 ± 0.14	73.9
9月19日	56	34.6 ± 0.72	28.8 ± 0.4	1.20 ± 0.02	4.38 ± 0.17	62.6

表2. 球果密度

調査地 (標高、m)	調査枠 番号	群落高 (m)	幹数	平均直径 (cm)	断面積 (cm ²)	球果数 1年目 2年目 3年目			着果率 (調査地平均)
A (2590) 3m×3m	A-1	2.7	1.6	7.7	72	19.8	16.0	0.0	50.6%
	A-2	2.6	2.0	7.5	91	11.5	1.3	0.0	
	A-3	2.5	1.0	8.7	62	6.8	3.3	0.0	
	A-4	2.4	1.7	7.5	76	2.0	3.8	0.0	
	A-5	2.1	2.3	7.3	110	3.8	9.8	0.0	
B (2750) 2m×2m	B-1	1.4	4.0	3.3	65	4.5	0.8	0.8	36.0%
	B-2	1.4	3.8	4.5	84	4.3	1.3	2.5	
	B-3	1.4	3.0	4.1	61	0.8	3.3	0.3	
	B-4	1.4	3.0	4.9	72	2.8	3.0	1.0	
	B-5	1.3	5.0	3.8	94	0.8	1.0	14.8	
C (2510) 2m×2m	C-1	2.2	2.5	6.8	94	-	8.0	0.0	86.7%
	C-2	2.2	1.3	8.0	64	-	5.5	0.0	
	C-3	2.1	1.8	7.6	82	-	6.3	0.0	
	C-4	2.0	2.0	7.9	103	-	4.0	0.0	
D (2590) 2m×2m	D-1	2.0	2.8	6.7	99	-	4.0	0.0	36.4%
	D-2	1.9	2.5	6.6	90	-	6.3	0.0	
	D-3	2.0	2.8	6.7	102	-	9.3	0.0	
	D-4	2.1	3.0	7.2	126	-	0.8	0.0	
E (2510) 2m×2m	E-1	0.7	4.5	3.7	81	-	8.0	0.0	56.0%
	E-2	0.8	4.0	3.3	64	-	2.0	0.0	
	E-3	1.1	2.0	5.8	43	-	8.0	0.0	
	E-4	1.2	1.8	5.0	54	-	6.0	0.0	
F (2700) 1m×1m	F-1	0.5	26.0	1.6	57	-	2.0	0.0	2.0%
	F-2	0.5	64.0	1.2	82	-	0.3	0.0	
	F-3	0.5	38.0	1.7	100	-	0.0	0.0	
	F-4	0.5	16.0	3.1	132	-	0.0	0.0	

幹数、基節断面積、球果数はm²当たりで示した。標高の下は調査枠の大きさ。

大きさで越冬する。この時、球果の含水率は著しく低下していた。翌年の7月上旬には長さが20 mmに達しており、雪解け後間もなく生長を開始するものと思われる。その1カ月後には球果は成熟球果と同じ大きさに達し、この間、乾燥重量も急激に増加する。球果の大きさはその後変わらないが、重さはさらに増える。9月中旬には球果は4.4 gになり、含水率は低下し、鱗片はみずみずしさを失う。球果の形は越冬前後で異なり、長さとの直径の比が示すように、越冬後は太くなる。マツ属の球果は一般に春に開花、受粉し、翌年に受精する。受精後に種子が形成され、その年の晩夏あるいは秋に成熟する (Foster and Gifford 1974)。球果内部の観察はしていないが、球果の大きさと重さの増加から、ハイマツでも開花と受精の時期は遅れるものの、マツ属一般の種子形成と同じ経過をたどるものと思われる。

球果密度

表2に球果の密度を示した。幹数、幹の総断面積、球果数はいずれも1 m²あたりの値である。調査地Aは1986年8月14日に、Bは1986年8月8日、CからFは1993年8月31日と9月1日に調査したものである。A B両調査地では当年性の球果（雌花）も数えた。また、調査地Bでは3年目の球果も見られた。8月上旬の調査であるので、2年目の球果は緑色であるのに、3年目の球果は褐色で鱗片の間から種子が見えるので、両者は容易に区別できた。

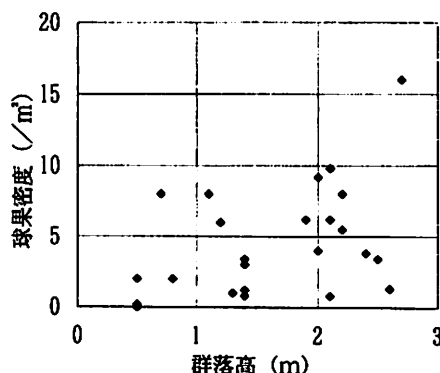


図2. 群落高と球果密度

群落高は0.5 mから2.7 mである。群落高が増すと個々の幹の基部直径は増加するが幹数が減少するので、幹の総断面積は樹高にかかわらずあまり変化しない。

2年目の球果の平均密度は調査地Fでの0.6個から調査地Aでの6.8個までかなり変異が大きい。同じ調査地の幹の間でも違う。調査地ごとの群落高と球果密度の関係をみると (図2), 調査地F (群落高0.5 m) で密度が一様に低いのを別にすれば、値はばらつき、特別な関係は認められない。調査地A-1 (群落高2.7 m) での16個が最大で、他は10個以下である。木曽御岳山では高さ1.5 m以下の群落で25個を越す高い密度が記録されている (沖津・溝口1991) が、乗鞍岳の調査ではそのような高い密度は得られなかった。

着果している幹の割合は、球果密度の特に低い調査地Fを除いて、平均49% (N=278) である。沖津・溝口 (1990) は多数のハイマツの基部直径と着果率を調べ、直径4 cm以上

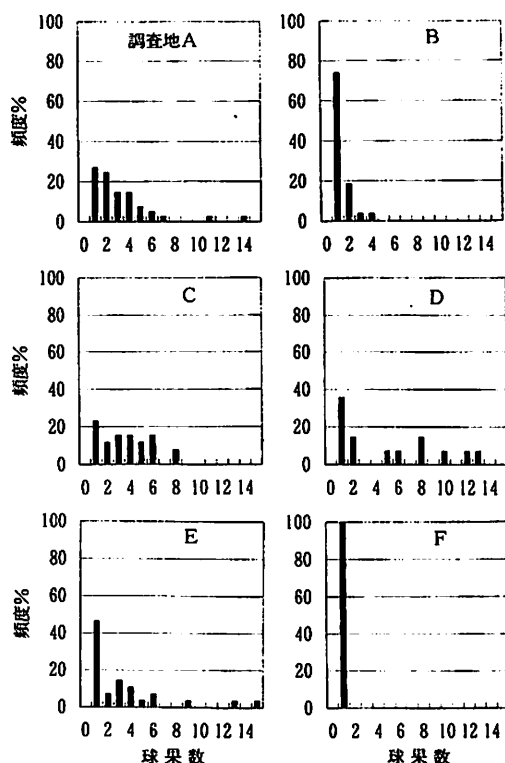


図3. 幹当たりの球果数

では着果率が50%前後であることを見だししている。調査地A-Eの基部直径のほとんどは4 cm以上であり、沖津・溝口の結果とよく一致する。調査地それぞれの着果率はかなり異なり、調査枠の間でも違う。例えば、A-1では14本中12本が着果しているが、A-2では18本のうち2本のみが着果している。幹当たりの着果数を見ると(図3)、調査地BとFでは1個だけの幹が多いが、他の調査地では複数の球果がある幹が多く、10個以上の球果を持つものもある。この着果数の頻度分布は他の地域での頻度分布(沖津・溝口 1990)とよく似ている。

調査地AとBでは2年あるいは3年分の連続した球果密度が得られた。A-1では2年連続して高密度であるが、A-2とB-5では低密度の翌年に高密度に、あるいは高密度の翌年に低密度になっている。1年目の球果は成熟までに脱落するものがあるので過大評価であり、3年目の球果は成熟の後に消失・脱落したものが数えられていないので過小評価ではあるが、球果密度の年変化は幹の間で同調していないのかもしれない。この事が地点間の密度の違いの一因となっているのであろう。また、コナラでは堅果生産量は個体によって著しく違う(Fujii 1993)というが、ハイマツでもそうなのかもしれない。ハイマツは伏条更新する

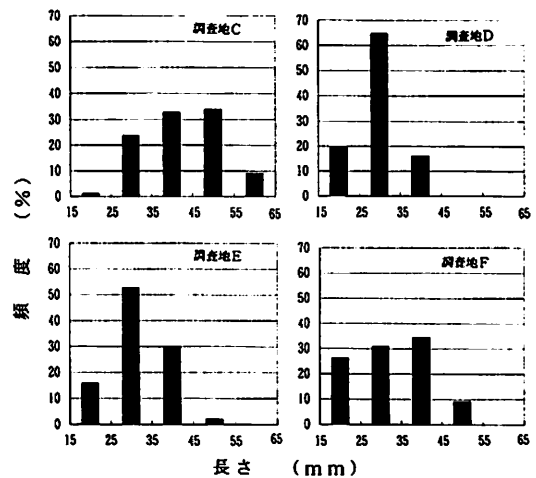


図4. 球果の大きさ(長さ)の頻度分布

ので、隣接した幹は同一個体の可能性がある。調査枠ごとに着果率が著しく異なるのは遺伝的背景があるのかもしれない。

球果の大きさと種子数

この調査で得られた球果の長さの最大値は63.4 mm、最小値は16.4 mmである。球果の大きさによって1個の球果に含まれる種子数が異なることが予想されるので、種子の生産量を推定するには球果の大きさの頻度分布について調べる必要がある。図4は、調査地C～Fについて、球果の長さの頻度分布を示したもの

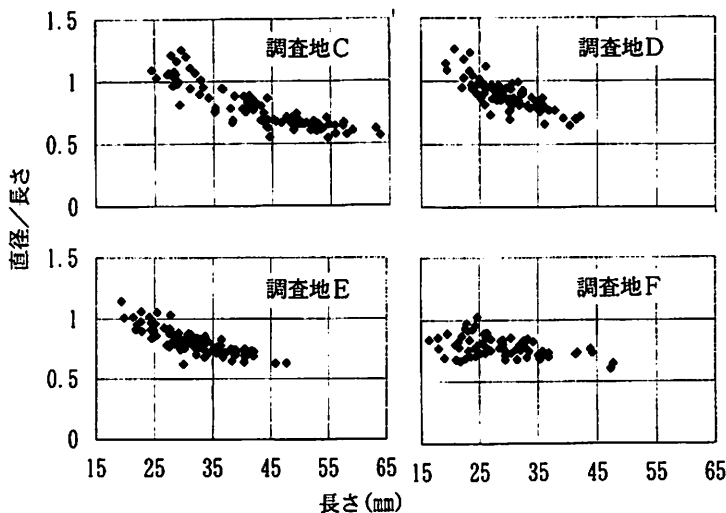


図5. 球果の大きさ(長さ)と外形(直径/長さ)

である。調査地Fでは、調査枠内の球果が少なかったため、枠外の球果も加えてある。群落高の高い調査地Cでは35 mm以上の球果が70%以上を占め、55~64 mmの特に大型の球果もある。調査地DとEでの分布パターンはよく似ている。25~44 mmの球果が多く、15~24 mmの球果も少なくない。群落高の低い調査地Fでは24 mm以下の小型の球果はさらに増加し、34 mm以下の球果で60%近くになる。調査地CとDは群落高はほぼ同じであるのに、調査地Cでは大きな球果の割合が高く、球果の大きさの分布は群落高だけでは決まらないことを示している。しかし、群落高が特に低ければ小型の球果しか生産されないのは、この調査地のほかの地点での観察からも支持される。佐藤（1993b）は立山で9集団のハイ

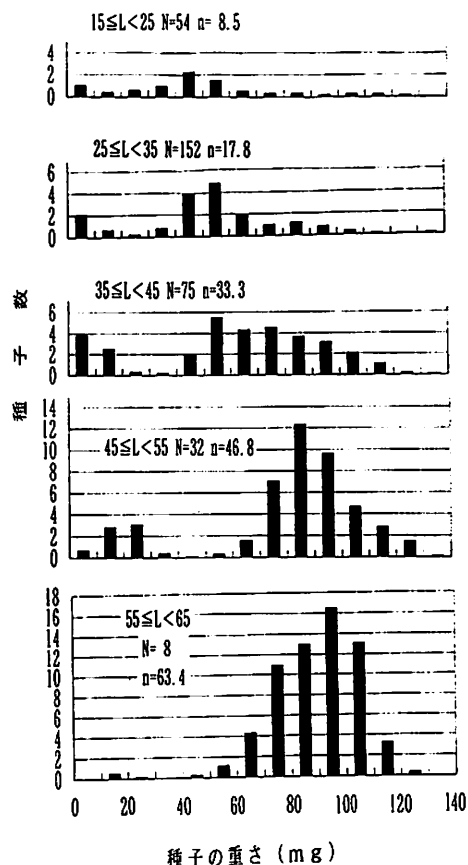


図6. 球果の大きさ（長さ，L，mm）ごとの種子の重さの分布 N:球果数 n:1球果の平均種子数

マツから大きい球果を選んで採取し、球果の長さを測定している。その結果によれば、球果の長さは37 mmから48 mm、平均39.8 mmであった。群落高が1.2 m以下（佐藤1993a）であるのを考慮すると、乗鞍岳での結果とはほぼ一致する。

調査地間の球果の外形の比較をするため、図5に球果の長さ（L）および平均直径と球果の長さの比（D/L）を示した。いずれの調査地でも、短い球果は長い球果よりも平均直径と長さの比が大きい。すなわち、球果は大型の方が細長く、小型になるとずんぐりしてくる。長さ55 mm以上の球果ではD/Lは0.61（調査地C）、35 mmから44.9 mmの球果では0.73（調査地E，F）から0.78（調査地C）、25 mmから34.9 mmでは0.79（調査地F）から1.05（調査地C）、25 mmに達しない球果では0.82（調査地F）から1.05（調査地D）である。群落高が低く、大型球果を生産しない調査地Fは、他の調査地と比べ、小型球果でもD/Lが低い。

球果の大きさによって種子の数と重さが違ってくる。大きな球果（長さ45 mm以上）では70 mgよりも重い種子がほとんどであるが、長さ35 mm以下の小型球果では60 mgに達しない軽い種子が多くなる（図6）。球果の平均種子数は大型の球果では多く、球果が小型になると著しく減少する。しかし、最も小型の球果にも1、2個の大型種子が含まれており、ハイマツは小型の球果では少数の種子に栄養

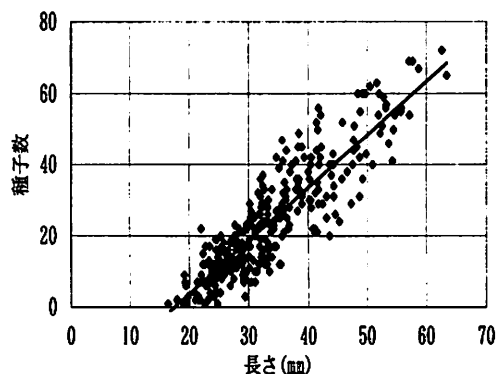


図7. 球果の長さと種子数

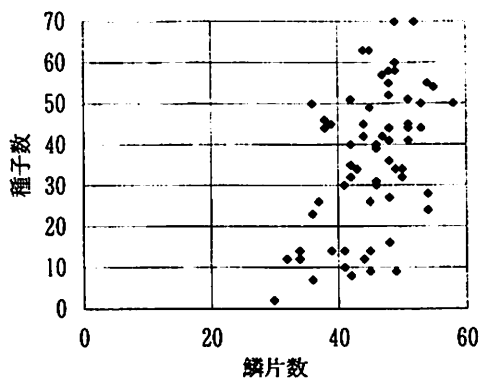


図8. 鱗片数と種子数

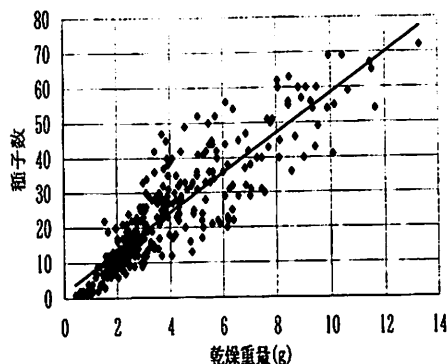


図10. 球果の乾燥重量と種子数

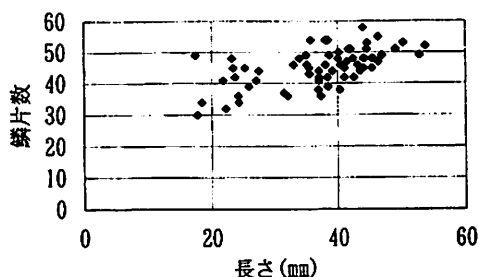


図9. 球果の長さと言片数

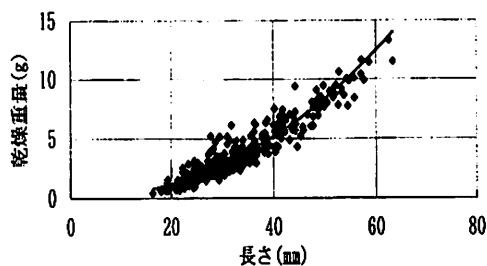


図11. 球果の長さと言乾燥重量

を集中させているように見える。

球果の長さと言種子数、鱗片数と言種子数、球果の長さと言鱗片数、球果の乾燥重量と言種子数、および球果の長さと言乾燥重量の関係を図7～11に示した。前述のように、球果が小型になると種子数が減少するのは図7にも示されている。種子数と言鱗片数の関係はばらつきが大きい(図8)。これは鱗片数の変異が大きい(図9)のに加え、鱗片内側に2個ある種子がすべて成熟するわけではないからである。大型の球果では基部に近い位置の鱗片では種子は作られないし、小型の球果では種子を持つ鱗片はさらに減少する。2個の種子のうち1個のみ成熟することもある。クロマツの球果では球果の長さと言鱗片数には高い相関がありハイマツとは異なるが、鱗片数と言種子数の相関はやはり低い(Rim and Shidei 1973)。種子数と言乾燥重量は相関が高い(図10)。球果の長さと言乾燥重量も高い相関がある(図11)。継続観察やその他の事情から球果(種子)を採取できない場合は球果の長さを測れば種子生産量を測定できよう。

球果の樹上からの消失

8月になるとホシガラスによる種子の収穫活動が活発になる。樹上でもぎとった球果を林外の特定の場所まで運び、そこで球果の鱗片をはずして種子を抜き取る。そうした場所には多数の球果の残骸が集積している。また、もぎ取った球果をハイマツの幹上で処理し、種子を喉に詰めて林外に運ぶことも多い。斜上した幹の上面や幹の又、その下の林床に鱗片や球果の芯が残される。一部の種子はその場で食われるようで、割れた種子の殻(種皮)もしばしば見られる。

1996年8月中・下旬にラベルした206個の球果は9月12日には43個に激減し、9月25日には8個を残すだけであった。網でくるんだ17個はすべてそのまま残っていた(表3)。1988年にはホシガラスの活動の目立たない7月初めから観察を始めた(表4)。ラベルされた101個の球果は8月初めには79個になり、9月21日には8個にまで減った。網でくるんだ66個は9月21日までに12個がなくなった。網の中には小型のまま萎びて脱落した球果があった。網にくるまな

表3. 球果の樹上からの消失(1986年)

網	14/Ⅶ	21/Ⅶ	13/Ⅸ	25/Ⅸ
なし	152	—	75	6
	—	54	4	2
計	206		79	8
有り	17	—	17	17

い球果の7月中の減少はこうした未発達球果の脱落が多いと思われる。成熟球果は9月末には柄に離層ができ、指で捻れば簡単に枝から離れるようになっているので、風などの外力によって落下することも考えられるが、球果の樹上からの消失のほとんどはホシガラスの活動によると判断した。

越年球果の消失

1993年には位ヶ原一帯のハイマツは多数の球果を稔らせた(表2, 調査地C~E)。9月下旬の球果は、乾燥した鱗片は基部より外方に反り、鱗片と鱗片の隙間からは種子が覗けるようになっていた。種子の一部を失っている球果もあった。10月中旬の観察では、鱗片の中間部より下方の薄い部分が著しく脆弱になり、基部を残して簡単に引き抜けるようになった。枝に付着したままで一部の鱗片とその鱗片が抱えていた種子がなくなっている球果が見られた。これらの球果は枝についたまま積雪期を迎えた。1994年5月中旬、ハイマツ林の一部では雪が消え、林床が現れていたが、そのハイマツの枝先には多数の球果が残っていた。球果には形の完全なもの、程度は様々であるが鱗片が基部を残して失われているものと球果の芯も含めて一部をえぐり取られた

表4. 球果の樹上からの消失(1988年)

網	3/Ⅶ	30/Ⅶ	9/Ⅸ	29/Ⅸ	21/Ⅸ
なし	101	94(4)	79(1)	52	8
有り	66	63(5)	57(2)	54(1)	54

()の数字は未発達球果で内数

ものが見られた。えぐられた面に露出している種皮にかじった跡が残っているものがあつた。この食痕はその大きさから、アカネズミによるものと推定された。雪解けが進み、次々と姿を現すハイマツにはどこでも付着球果が観察された。6月1日に林内に方形枠(3m×3m)を設け、枠内に接地部を持つハイマツについて、樹上の球果を、完全な物、えぐられた部分のある物、むしり取ったように鱗片が基部を残して失われている物に分けて数えた。球果の脱落痕も数えた。枠内には19本のハイマツがあり、球果72個と脱落痕41が数えられた(表5)。両者を合計した113個が前年の成熟球果数とみなせるので、少なくとも球果の64%が樹上で越冬したことになる。これらの球果は7月下旬にはすべてが枝先から消えていた。1986年8月上旬に調査した調査地Bでも3年目の球果が観察され(表2)、成熟球果の越年は希な現象ではない。

1994年5月の観察では、融雪の進んだ林の残雪上あるいは露出した林床に、ハイマツ球果の鱗片とその細片、穴をあけられた、中身のない種子の殻がいたる所に集積していた。ハイマツが立ち上っているがまだ雪の深い所では、雪の中に坑道があり、空の種子の殻が散らばっているのが見られた。6月1日に樹上の球果を調べた方形枠内の林床には形の完全

表5. 3年目の球果の樹上からの消失(1994年, 3m×3m)

	完全	えぐれ	むしり	合計	脱落痕
6月1日	39	15	18	72	41
6月7日	23	12	15	50	—
6月28日	14	11	9	34	—
7月26日	0	0	0	0	—

表6. 林床の球果(1994年6月1日, 3m × 3m)

完全	えぐれ	むしり	計
9	3	24	36

な球果9個, えぐられている球果13個, 鱗片をむしられている球果24個があった(表6)。前2者には種子が残っており, 後者にも少数の種子が残っているものがあった。これらの球果はハイマツが雪から跳ね上がる衝撃で枝から落ちたものかもしれない。方形枠の上には基部を枠外に持つハイマツの樹冠もあり, また枠内に基部のあるハイマツの樹冠は枠外にもあるので, 林床の球果の数は枠内のハイマツの球果の脱落数と対応するものではない。9月1日に付近の林床に散在する球果76個を観察したが, 完全な形の球果はなく, 種子はまったく含まれていなかった。

林床でホシガラス, カヤクグリ, アカネズミ, ヒメネズミが撮影された。ホシガラスには球果が, 他の3者には球果と種子のどちらも寄せ餌として有効であった。カヤクグリが種子を食べたかどうかは写真からは判定できなかった。この地域ではヤチネズミも捕獲されているが(宮尾1973), 今回は撮影されなかった。

アカネズミとヒメネズミを飼育し, 6月に採集した球果と種子とを与え, 食べ方を観察した。球果を与えると鱗片をはずしてから種子を取り出し, 飼育容器の隅に移動する。そこで種皮の一部をかじり, 穴を開けて中身を食べる。アカネズミは球果を飼育容器の隅まで運び, そこで処理する場合もあった。残された球果と種子の残骸は, 林床にあった食べ殻はネズミ類のものであることを示していた。

種子の発芽

ハイマツの種子は林内でも林外でも発芽できる(表7)。林縁のウラジロナナカマド群落には長さ4~5 mm, 7~8 mm, 8~9 mmの種子を蒔いたが, 4~5 mmの種子は1本も発芽していなかった。7 mm以上の種子は高率で発芽し

表7. ハイマツ種子の発芽

播種場所	種子長 (mm)	種子数	実生数
ハイマツ林	7-8	30	24(9)
ウラジロナ ナカマド 群 落	4-5 7-8 8-9	20 30 15	0 30(6) 12(3)
草 地	7-8	30	23(8)

()の数字は枯死していた数で内数。

ていた。ハイマツ林内と草地には7~8 mmの種子のみ蒔いたが, ウラジロナナカマド群落の同じ大きさの種子の発芽率よりは低いが, いずれでもよく発芽していた。種子の重さは測っていないので, 不稔種子が混じっていたのかどうかは不明である。

球果・種子の消失過程とそれに関与する動物

2年目の球果は種子の未だ成熟していない8月からホシガラスによりもぎ取られはじめ, 9月末にはほとんどが消失する。しかし, ホシガラスの活動量よりも球果の生産量が多い年はかなりの球果が枝に付いたまま越冬する。このような年には, ホシガラスは11月にも, 翌年も雪が消えれば活動する。雪に埋もれている間, 球果はネズミ類に食べられる。えぐられた跡のある球果はハイマツが積雪に埋もれる前には見られず, 融雪期になってハイマツ樹冠が積雪から立ち上がった後には増加しない。積雪期にはハイマツは完全に雪に埋もれる。ネズミが雪に坑道を掘り, 硬い雪の中に固定されている球果に達し, 球果をかじったと推測される。球果が1方向のみから削り取られているのはこの推測を裏付けている。林床に残された球果の破片, 削り屑と種子の食べ殻の量はネズミ類の活動の高さを示している。

樹に付いたままでも鱗片をむしり取られている球果は積雪期以前にも見られた。ホシガラスは鱗片をむしり取って種子を抜き取るが, 彼らの普通の活動期である8月から9月には,

球果を樹からくわえ取ってから処理している。10月中旬には鱗片は基部を残して容易にはずせるようになる。ホシガラスはこのような球果は樹からもぎ取らずに処理できるのかもしれないし、あるいはヒメネズミが鱗片をむしり取って種子を得ているのかもしれない。

3年目の球果の樹冠からの消失が動物の活動によるのかどうかは観察しなかったが、その多くは林床に落下したと推測している。林床の球果は徹底的に処理され、種子はことごとく消失する。処理者はヒメネズミとアカネズミが主役であろう。これがハイマツの種子は林内でも発芽できるのに林内に芽生えや稚樹がない主因であろう。

ハイマツの球果は樹冠の表面に作られるので上空からはよく目立ち、球果が閉じていて種子が脱落せず、晩秋になって鱗片の間に隙間ができて種子は鱗片の窪みにはまり込んでいるので脱落しにくく、球果の柄に離層ができて枝から落下しにくいなど、ホシガラスによる収獲に適應しているように思われる。間隔をおいた種子の豊作は種子の散布効率を高める (Smith 1970) とされるが、ハイマツにも適用できるのかどうか検討する必要がある。

引用文献

- Foster, A. S. and Gifford, E. M. 1974. Comparative morphology of vascular plants. W.H. Freeman and company, San Francisco.
- Fujii, S. 1993. Studies on acorn production and seed predation in *Quercus serrata* -Growth, falling phenology, setimation of production, and insect seed predators- Bulletin of the Osaka Museum of Natural History 47: 1-17..
- 林田光祐 1993. ホシガラスとゴヨウマツ類. 動物たちの地球 10: 104. 朝日新聞社.
- Janzen, D. H. 1971. Seed predation by animals. Ann. Ecol. Syst. 2: 465-492.
- 宮尾嶽雄 1973. 乗鞍岳の小哺乳類ファウナ. 中部山岳地帯における生物環境の破壊とその復元に関する基礎的研究第1号, 63-66.
- 名取 陽・松田行雄 1966. 乗鞍岳ハイマツの樹齢および幹の肥大成長. 日生態会誌 16: 247-251.
- 沖津 進・溝口智秋 1990. ハイマツの球果生産と根元直径および伸長生長との関係. 日生態会誌 40: 49-55.
- 沖津 進・溝口智秋 1991. 群落レベルでみたハイマツの球果生産. 日生態会誌 41: 101-107.
- Rim, Y. D. and Shidei, T. 1973. A study on the seed production of Japanese red and black pine. Bull. of the Kyoto Univ. Forests 45: 43-51.
- 佐藤 卓 1993a. 立山産ゴヨウマツ類の種子形態の変異. 植物地理・分類研究 41: 7-13.
- 佐藤 卓 1993b. 立山産ゴヨウマツ類の球果と種鱗の形態変異. 植物研究雑誌 68: 277-288.
- Smith, C. C. 1970. The coevolution of pine squirrels (*Tamiasciurus*) and conifers. Ecol. Mono. 40: 349-371.
- Wall, S. B. V. and Balda, R. P. 1977. Coadaptations of the Clark's nutcracker and the Piñon pine for efficient seed harvest and dispersal. Ecol. Mono. 47: 89-111.