

トドマツ枝枯病の被害予測

----- 被害度区分図の作成と利用の仕方を通して -----

浅井 達 弘

はじめに

本道の寒冷多雪地で1970年にトドマツ枝枯病が確認されてから、すでに17年が過ぎ去った。この期間中、小康状態の時期がいくらかあったものの、ここ数年間で病気の質・量ともに拡大してきている。すなわち、従来からの被害の発生地域では激害木の増加が著しく、面積的には十勝、釧路の2支庁を除く12支庁管内にまで広がり、被害面積も2万ヘクタールに達している。このようなことから、現在では、トドマツの植栽や保育を行う場合に、まずトドマツ枝枯病に対する被害対策を考えなければならない状態にあるといえる。

トドマツ枝枯病の被害について、「これまで、まったく被害が見られなかった成績の良い造林地が、ある年突然、激害林分になってしまった」と言う話を、時折耳にする。このように何のまえぶれもなく激害林分が発生するのであれば、事前の被害予測はほとんど絶望的である。しかし、そうした被害林分を見て歩いたり、いくつかの造林地の被害状況を詳しく調査するうちに、激害になる造林木に共通した特徴があることがわかってきた。今回は、私たちがトドマツ枝枯病の被害の進行を観察するために実施している調査方法や被害度区分図の具体的な作り方、利用の仕方等を紹介しながら、激害木に共通する特徴を明らかにしていきたい。そして、最後にそれらを利用して、「ある林分のトドマツ枝枯病被害が終息した時点で残る木の本数」を予測する方法を考えてみたい。

トドマツ枝枯病の被害の特徴

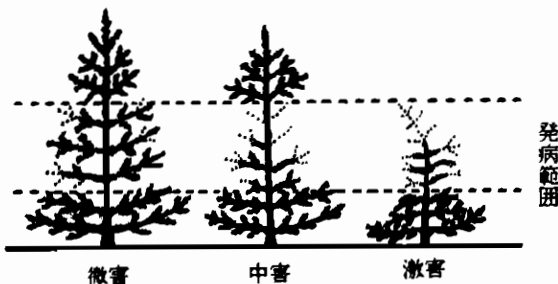


図-1 トドマツ枝枯病の被害程度(区分)
点線は被害を受けた枝を示す。

トドマツ枝枯病はスクレロデリスという菌によって、ひきおこされる病気である。この菌は、6~7月に被害枝からちらばって、幹の先端を含む伸長中の当年生枝(新条)につくが、発病するのは翌年の融雪時である(したがって新条は1年生枝になっている)。主として1年生枝、

まれに2年生枝が発病し、3年生以上の古い枝が発病することはない。発病した枝では、融雪時に葉が緑のまま落ちるといふ、きわだった特徴がある。

造林木が、トドマツ枝枯病にかかりはじめるのは、ふつう2齡級以後の時期である。被害の程度は、図-1に示したように枝の先端部が枯れる軽微なものから、中央部の枝が枯れるもの、さらには幹の上部が枯れる深刻なものまでいろいろな段階の被害が認められる。これらの被害（発病）部位が図-1のように、ある高さの範囲（積雪深にもよるがおおよそ0.5~2.5m位）に限られていることも、この病気の特徴の一つである。すなわち、地面近くの枝や、雪にうずまらない枝は、ほとんど発病しないのである。激害木でも、下部の枝が健全な例は数多くみられる。こうした被害（発病）の特徴をおぼえておけば、寒風害や凍害との区別は容易である。

被害輪生枝率とその調査方法

一つの林分で、トドマツ枝枯病の被害の進行を経年的に観察する場合、毎年の個体の被害をどのように記録するかは重要な問題である。この病気の被害度区分には被害木の外観により、微害（枝の先枯れ）、中害（中枯れ）、激害（幹枯れ）の3段階区分（図-1）がよく用いられている。この方法は誰にもよくわかり、調査も非常に簡単で実用的なものであるが、個体の被害の進行を細かく分析しようとするにはややおおざっぱである。そこで、まず、トドマツ枝枯病の被害の進行を経年的に観察するために私たちが実施している調査方法と被害の表示方法（被害輪生枝率）を紹介しよう。

被害輪生枝率

定義 発病範囲にある輪生枝の総数に対する、枝主軸が被害を受けた輪生枝（被害輪生枝）数の比（%）

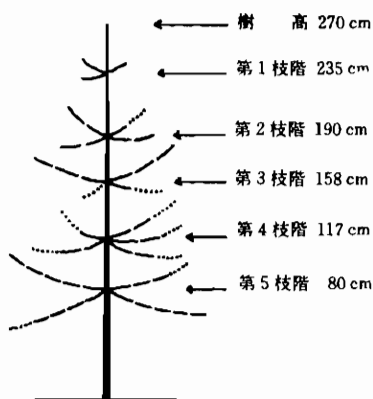


図-2 被害木の模式図

点線は被害を受けた枝を示す。

図-2は被害木の模式図であり、図中の点線で示した枝は被害輪生枝をあらわす。今、発病範囲を地上高0.5~2.5mであると仮定して被害輪生枝率を求めてみよう。被害輪生枝率は、輪生枝の被害（それも輪生枝の主軸上の被害）だけを対象にし、輪生枝以外の枝、たとえば輪生枝と輪生枝の間に着生する側生枝（節間枝）等の被害はすべて無視する。発病範囲にある輪生枝の総数は、第1枝階の3本から第5枝階の4本までを加えた、20本であり、被害輪生枝数は10本である。したがって、求める被害輪

生枝率は、両者の比（10/20）の50%である。

調査方法

被害輪生枝率を用いることにより、これまでの3段階区分では問題にできなかった細かい被害の差を表示できるようになった。被害輪生枝率のもう一つすぐれている点は、調査方法を工夫することにより過去の被害輪生枝率を知ることができる点にある。ここに紹介する調査方法は、トドマツ枝枯病にかかった枝・幹からは新条が伸びない、また被害枝が長期間脱落しないで付着している、というこの病気の被害枝の特徴を利用して過去の被害を推定するというものである。具体的には、発病範囲にある各輪生枝階について、輪生枝が発生した年から調査年までの、年度ごとの輪生枝数と被害輪生枝数を記録するのである。

1 野帳の記入

それでは、図-2の被害木について、1986年の発病時（当年伸長開始前）に調査した結果（図-3）を照らしあわせながら野帳のとり方を説明する。なお、ここでいう樹高は、すべて発病時の樹高である。

(1) 欄外上

被害木のナンバーと1986年度の樹高および（3段階区分の）被害度を記入する。

		個体 No.85		樹高 270 cm		被害度 中				
枝階(枝年度)	地上高	85	84	83	82	81	80	79	備	考
1	85	235	0/3	**	**	**	**	**	**	
2	84	190	1/4	0/4	**	**	**	**	**	
3	83	158	0/2	1/3	1/4	**	**	**	**	
4	82	117		4/4	1/5	0/5	**	**	**	
5	81	80	1/3	1/4	0/4	0/4	**	**	**	
6	80							**	**	
7	79									
計			2/12	6/15	2/13	0/9	0/4			
累 計			10/20	8/17	2/13	0/9	0/4			

初発病年度 1984年 初発病樹高 190 cm

図-3 被害木（図-2）の調査野帳

(2) 各枝階の地上高

第1枝階から第5枝階までの地上高を記入する。第1～5枝階の地上高はそれぞれ1985～1981年度の樹高に相応する。なお、枝階欄の枝年度とは、その枝階が発生（幹から分枝）した年度のことである。

(3) 輪生枝数（分母）と被害輪生枝数（分子）

第1枝階： 上欄の85は1985年に伸びた枝の欄（85年伸長枝欄）の意味であり、84～79（年）についても同じである。第1枝階の85年伸長枝欄には、被害輪生枝数0と輪生枝数3を分数の形で記入する。

第2枝階： 第2枝階は、1984年に幹から分枝した枝とその先端から翌1985年に伸びた枝とから成り立っている。まず、幹から分枝した枝部分について、被害輪生枝数0と輪生枝数4を84年伸長枝欄に記入する。次に、1985年に伸びた枝部分については1本が被害枝なので、被害輪生枝数1と輪生枝数4を85年伸長枝欄に記入する。

第3枝階： 幹から分枝した枝部分では1本が被害枝なので1/4（83年伸長枝欄）、被害枝は翌年の調査から除外するから翌年に伸びた枝部分では輪生枝数が1本少なくな

り、また1本が被害枝なので1/3（84年伸長枝欄）、翌翌年に伸びた枝部分は無被害で0/2（85年伸長枝欄）である。

第4,5枝階についても同じ要領で記入する。第4枝階の85年伸長枝欄の空白は、1984年に全部の枝が被害を受けたために、被害にかかる枝そのものがないことを示す。

2 被害輪生枝率の計算方法

同じ年度の伸長枝欄の分母は分母どうし、分子は分子どうしを合計した値を下の計の欄に記入する。この値は、単年度の被害輪生枝率をあらわしている。ここで注意しなければならないのは、野帳は枝の伸長年度を基準にしているの、被害年度に換算する場合には枝の伸長年度に1年を加えなければならないことである。これは、トドマツ枝枯病の病原菌は、伸長中の当年生枝（新条）につくが、発病するのは翌年になるからである。したがって、図-3の個体の単年度の被害輪生枝率は、初めて被害を受けた1984年が $(2/13=)$ 15.4%、以後、1985年が40%、1986年が16.7%である。ここで、初めて被害を受けた（発病した）年度とその時の樹高を、それぞれ初発病年度、初発病樹高と呼ぶことにする。初発病年度は、今述べたように、1984年であり、その時の樹高（初発病樹高）は地上高の欄から190cmであることがわかる。初発病樹高は、後述の被害予測をする場合に、なくてはならない重要な測定項目である。

定義で述べた被害輪生枝数は、過去のすべての被害輪生枝の累計である。図-3の累計欄は、初めて被害を受けた83年伸長枝欄までは計と同じ値を記入する。84年伸長枝欄には、83年伸長枝欄の被害枝数2を、計の84年伸長枝欄6/15の分子、分母にそれぞれ加えた値を記入する。同しように、85年伸長枝欄には、84年伸長枝欄の被害枝数8を、計の85年伸長枝欄2/12の分子、分母にそれぞれ加えた値を記入する。こうした集計の結果、1984、85、86年の被害輪生枝率はそれぞれ15.4%、47.1%、50%と算出される。もちろん、1986年の被害輪生枝率50%はさきに求めた値と同じである。

被害度区分図の作成と利用方法

被害度区分図の定義

縦軸に被害輪生枝率、横軸に樹高をとった図中に、（3段階区分の）被害度の境界線を設定した図

作成方法

一つの被害林分でおおよそ60～100本の造林木を含む広さの標準地を設定し、個体ごとに前述の被害調査を行い、被害輪生枝率を算出する。表-1は、このようにして求めた赤平市の被害林分（1977年植栽：以後、単に赤平と呼ぶ）の1985年の樹高と被害輪生枝率および被害度のデータである。このデータから、被害度区分図を作ってみよう。

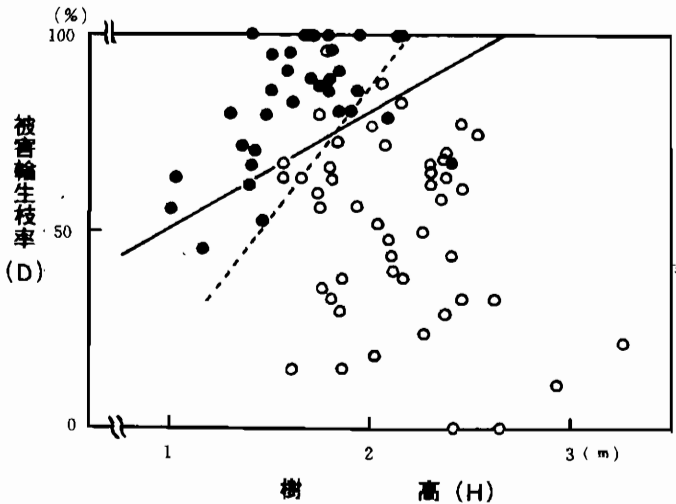
表一 赤平の被害林分のデータ (1985年)

樹高 (cm)	被害輪生枝率 (%)	被害度	樹高 (cm)	被害輪生枝率 (%)	被害度	樹高 (cm)	被害輪生枝率 (%)	被害度
225	50	1	174	87	5	207	79	5
153	95	5	177	36	3	205	88	3
207	72	3	139	62	5	174	60	3
252	75	3	161	83	5	210	40	1
170	89	5	141	100	5	260	33	1
148	80	5	204	52	1	292	11	1
245	61	3	158	91	5	135	72	5
236	70	3	102	64	5	180	96	5
216	100	5	236	69	3	157	64	3
165	100	5	160	96	5	190	81	5
175	56	1	184	91	5	100	56	5
210	44	1	209	48	1	183	73	3
184	30	1	192	57	3	193	86	5
245	33	1	145	53	5	179	86	5
174	80	3	237	64	3	180	89	5
325	22	1	184	81	5	245	78	3
202	19	1	235	58	1	179	67	3
185	38	1	215	100	5	165	64	3
165	100	5	215	38	1	235	29	1
230	65	1	195	100	5	175	36	1
230	67	3	240	44	1	185	15	1
179	100	5	140	67	5	215	83	3
181	61	3	200	77	3	143	71	5
160	15	1	225	24	1	240	68	5
263	0	0	240	0	0	230	62	3
80	33	1	156	68	3	130	80	5
170	100	5	150	86	5			

注：被害度の5, 3, 1, 0は、それぞれ激害、中害、微害、健全を示す。

手順1： 個体ごとの樹高と被害輪生枝率の関係を方眼紙に打点する。

表一のデータを、激害木(幹枯れ)は黒丸で微害・中害木は白丸で方眼紙に打点してみよう。打点するにしたがって、激害木とその他の木の境界が見えてくる。すなわち、図一4のように、激害木は、樹高が高い個体では被害輪生枝率の高いところに、樹高が低い個体では被害輪生枝率の低いところに位置するはずである。



図一4 赤平(1985年)の被害度区分図
黒丸は激害木、白丸はその他の木を示す。

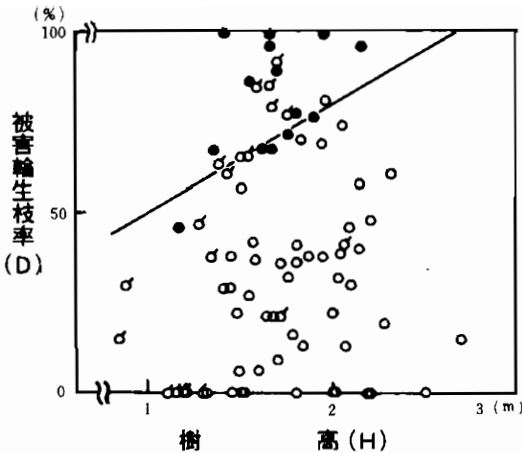


図-5 赤平(1984年)の被害度区分図
 白丸の右肩の印は翌1985年に激害になった個体を示す。

手順2: 激害木と激害木以外の境界線を設定する。

図-4の黒丸と白丸の出入りをできるだけ少なくするように境界線をひいてみよう。境界線は、図-4の実線と破線のような、およそ二通りの右上りの直線が考えられる。どちらが適当であるかを決めるのは難しい。しかし、次に述べるこの林分の1984年の境界線や危険期脱出樹高および他の林分の境界線等から、ここでは実線の方をこの林分の激害木と激害木以外

の境界線(以後、激害ラインと呼ぶ)としておく。

これで、赤平の被害度区分図(1985年)は完成である。ここでは保育上重要な意味をもつ激害についてのみ境界線を設定したが、中害や微害についても、まったく同じ手順を繰り返すことによりそれぞれの境界線を設定することができる。

利用方法

1 激害ラインの性質

被害度区分図で最も重要なのは、激害ラインの位置である。図-4の激害ラインは樹高をH(m)、被害輪生枝率をD(%)とすると次式であらわせる。

$$D = 30H + 20 \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $0 < H$, $0 \leq D \leq 100$ である。

(1)式に、 $D = 100$ を代入すると $H = 2.67$ が得られる。これは、樹高が2.67mを越すと、この林分では激害にならないことを意味する。したがって、 $H = 2.67$ mはこの林分の危険期脱出の一つの目安となる。トドマツ枝枯病の危険期脱出高は、その林分の最深積雪と関係がある。したがって、激害ラインは、多雪地域では右方向に、寡雪地域では左方向に移動すると考えてよい。(1)式で示される激害ラインは、つぎに述べるようにならかなり幅広い林分に適用できる。図-5は、赤平の1年前(1984年)の樹高と被害輪生枝率の関係に(1)式の激害ラインをあてはめたものである。激害ラインより上側に激害でない個体がいづらかあるために、1984年の林分に対しては、一見、あてはまらなさそうに見える。しかし、激害ラインより上側のこれらの個体の大半(右肩に印のある白丸)は翌1985年に激害へと進行した。このことは、激害ラインより上側に位置する個体は、たとえその時点では激害でなかったとしても、近い将来その大半が激害へ進行することを示唆する。このように、激害木への進行分を見込んでいと解釈

すれば、(1)式の激害ラインは1984年の状態にもよく適合しているといえる。いずれにしても、同じ林分の激害ラインは年度によらずほぼ一定とみなせるのである。

また、(1)式で示される激害ラインは、音威子府村の被害林分で作成した激害ラインとまったく同じであった。音威子府村の他に、美深町(図-7参照)や雄武町の林分に対しても、赤平と同じ激害ライン(したがって、被害度区分図)が適用できることがわかってきた。このように、赤平とよく似た積雪環境(最深積雪1.5~2.0m)の林分では、(1)式を激害ラインとする被害度区分図を適用できると考える。ただし、上木が多く保残されている林分の激害ラインは(1)式とはかなり異なりそうである。

2 被害度区分図上の個体の軌跡

個体の被害の進行は、被害度区分図上ではどのように表わされるであろうか。図-6に、被害度区分図上での個体の動きを例示した。図-6のaは、図-3で被害輪生枝率を計算するのに用いた個体である。輪生枝に被害を受けて以後の、この個体の樹高と被害輪生枝率は、図-3の野帳から1984年が1.90mで15.4%、1985年が2.35mで47.1%、1986年が2.70mで50.0%であると読みとれる。こ

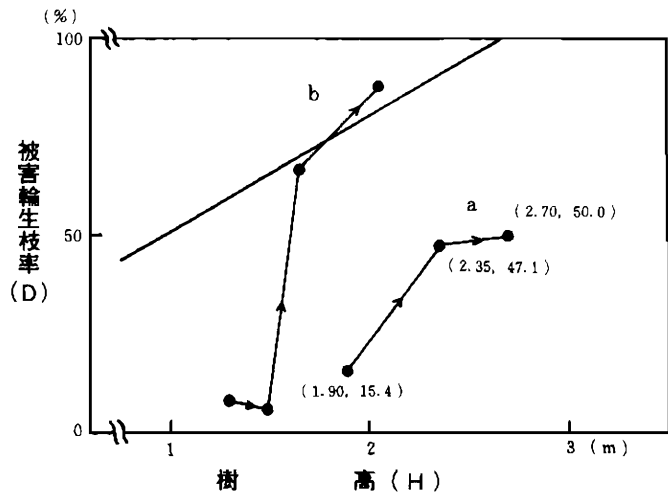


図-6 被害度区分図上での被害の進行

のように、通常は、樹高と被害輪生枝率の両者とも経年的に大きくなるので、被害度区分図上での個体の被害の進行は、図-6のaのような右上方向への動きとなる。しかし、まったく発病が見られない年には、被害輪生枝率が下るために、図-6のbの(発病後)2年目のように右下方向に動く場合もある。

図-7に、トドマツ枝枯病の被害がほぼ終息した(新たな激害の発生が見られなくなった)美深町の被害林分の19個体の被害度区分図上の軌跡を示した。個体の軌跡は、図-6のaでみたように、いずれも右上方向への動きを示している。図-7の各個体の初めて被害を受けた年(最も左下の点)の樹高、すなわち初発病樹高に注目しよう。激害になった個体の初発病樹高は2m未満に多く、一方、激害にならなかった個体の初発病樹高は2m以上に多いことがわかる。このことは、トドマツ枝枯病では、初発病樹高がその個体の将来の被害度に重大な影響を与えることを示唆する。

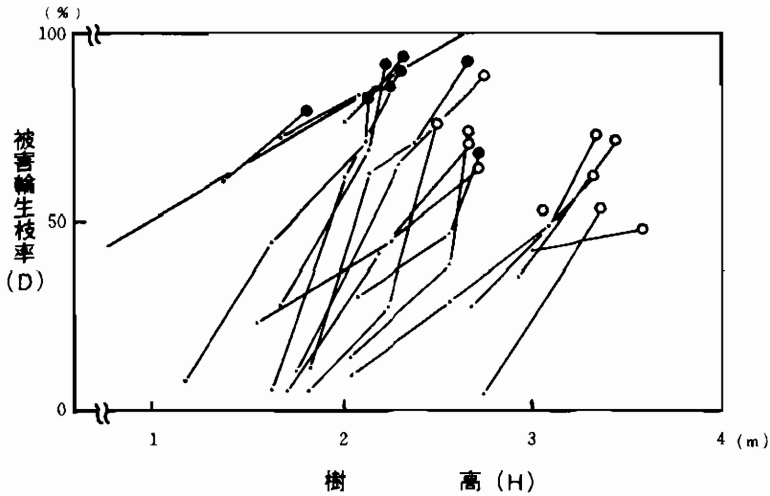


図-7 被害度区分図上の個体の軌跡

黒丸は激害木，白丸はその他の木を示す。
 激害ラインは赤平と同じ(1)式である。

被害予測の方法

初発病樹高と激害本数率の関係

これまでに述べてきたことから、激害になる個体には初発病樹高が低いという共通した特徴があることはほぼ明らかである。これをさらにはっきりさせるには、調査する個体数をふやし、初発病樹高階（たとえば0.5 m 間隔）ごとの激害本数率（激害個体数 / 総個体数）を調べていけばよい。図-8に、2つの被害林分の初発病樹高 (H_b) と激害本数率 (R_b) の関係を示した。なお、この図の横軸は便宜上、対数にしてある。図-8から、被害のかかりはじめの年度（赤平の1984年）を除くと、初発病樹高階が低いほど激害本数率が高いことがわかる。さらに、初

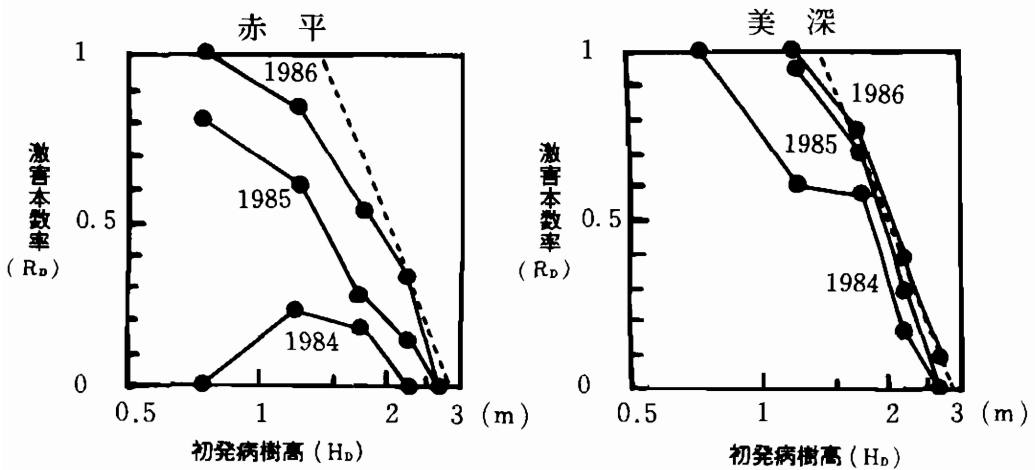


図-8 初発病樹高と激害本数率の関係

図中の点線は美深町の被害推移の収束線((2)式)を示す。

発病樹高と激害本数率の関係に見られる、こうした右下りの曲線は年の経過とともに勾配を増しながら直線的になる傾向が認められる。こうした観察結果から、被害が終息した時点での初発病樹高と激害本数率の関係は林分ごとに1本の直線になるものと仮定した。すなわち、ここでは被害がほぼ終息した美深町の1986年に近い直線(図中の点線)を、この林分の被害推移の収束線とした。この直線は次の式であらわされる。

$$R_D = -3.4 \log H_D + 1.5 \dots\dots\dots (2)$$

被害予測

調査対象林分での、各個体の初発病樹高階がわかれば、それぞれの個体の初発病樹高階を(2)式に代入し、これらの総和としての林分の激害本数率を求めることができる。実際の計算には(2)式から、0.5m間隔の初発病樹高階に対する激害本数率を求めておくことと便利である。初発病樹高階ごとの激害本数率と個体数との積和がその調査林分の将来の激害木数の予測値である。たとえば、赤平にも(2)式が適用できるものとして、赤平の初発病樹高からこの林分の将来の激害木数を予測してみよう(表-2)。表-2のように、個体数80本の内、64.7本が激害木になると予測される。なお、1986年現在の赤平の激害木数は51本である。

ある林分で、ここに述べたような被害予測をするには、まず、その林分(地域)の被害推移の収束線を決めなければならない。しかし、この決定にはかなりの年月を必要とする。したがって、当面は、前述の(1)式を激害ラインとして適用できる林分については美深町の収束線(2)式)を代用するのが適当であろう。それは前述したように最深積雪1.5~2.0mの地域であり、現在、トドマツ枝枯病の蔓延が問題になっている林分がかなり含まれると考える。

表-2 赤平の激害木数の予測

初発病樹高階 (H _D)	激害本数率 (R _D)	個体数 (f)	積 (Rf)
0.5~1.0 m	1.0	1	1
1.0~1.5 m	0.990	12	11.9
1.5~2.0 m	0.676	25	16.9
2.0~2.5 m	0.304	6	1.8
2.5~3.0 m	0.036	2	0.1
3.0~ m	0	1	0
調査時点激害木		33	33
合 計		80	64.7

おわりに

今回は、初発病樹高が低いという激害木に共通する特徴を利用して将来の被害を予測する方法について述べた。ここで明らかにした初発病樹高が低いという激害木の特徴は、被害予測の面だけでなく、被害防除の面についても重要な示唆を与える。すなわち、初発病樹高の低いことが激害木の条件といえるので、これを少しでも高くする施業は被害の防除・軽減につながる

であろう。したがって、植栽木の初期生長を高める施業、たとえば、耕うん地ごしらえや部分的密植、適期の下刈りなどは激害を回避するのに有効であると考えられる。当场では、数年前から、被害防除を目的としたいくつかの対策試験を実施してきている。これらの中には融雪促進によって被害軽減をはかるものなど、有望なものが見つかりつつある。それらについては別の機会に紹介されよう。

(造林科)



、 ハ リ ギ リ

ハリギリは、海岸に近い広葉樹林から、人里離れた奥地の針広混交林にまでよく見られる。素材を扱う人たちはセンノキと呼ぶことが多いようだ。利用上、材が硬く幹に刺の多いオニセン(タランボセン)と材が軟らかいヌカセンに区別される。枝先にヤツデのような長い葉柄をもつ掌状の葉が互生する。本州から移住した先達は、望郷樹としてハリギリを庭先に植えたと聞く。和名のハリギリは針桐に由来するようだ。

(泉 征三郎)