

# トドマツ枝枯病の被害予測方法

浅井 達弘

抄 録

トドマツ被枯病の被害林分2箇所を調査し、調査時点の樹高、初めて発病した年度及び初めて発病した時の樹高（初発病樹高）の3要因と被害度との関係を整理した。この結果、個体の被害予測には初発病樹高を用いるのが最適であることがわかった。初発病樹高と被害度（激害本数率）の関係は時間（年）や保残本の樹冠（縁）からの距離に対して類似した推移の傾向を示した。この関係を用いて林分の被害推移モデルを組み立てた。モデルは現実林分の被害推移をうまく再現した。このモデルの被害推移の収束線を決めることにより、個々の林分の各個体の初発病樹高から将来の激害木の本数を予測する方法を提案した。

**Abstract**

**Prediction method of the damage by *Scleroderris* canker  
on todo-fir in Hokkaido**

**Tatsuhiko ASAI**

**Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido, 079 - 01**

**[ Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No. 24, December, 1986 ]**

Relationships among damage degree and three factors, i. e., tree height, the year at the first damage, and the tree height at the first damage were analyzed in two young todo-fir (*Abies sachalinensis*) plantations damaged by *Scleroderris* canker. Among the three factors, the tree height at the first damage was the most suitable one to predict the future damage. It was found that the relationships between the tree height at the first damage and damage degree (heavily damaged tree ratio) had a similar tendency in change with years and distance from shelter trees. Utilizing the relationships, I constructed a transition model of stand damage. This model fitted well the change of the actual stand damage. The converge line of damage transition in this model was determined. Consequently, a method to predict the number of heavily damaged trees in future on each stand was proposed through the converge line.

---

\* 北海道立林業試験場〔北海道林業試験場研究報告 第24号 昭和61年12月〕

## はじめに

北海道の寒冷多雪地域で 1970 年にトドマツ被枯病が確認されて以降、小康状態の時期がいくらかあったものの、ここ数年の間に被害地の面積も病気の程度も著しく広がっており、カラマツ先枯病に匹敵する重要病害であるとの認識が高まっている（田中，1983；北海道林務部，1986）。この間、トドマツ被枯病に関して数多くの調査研究がなされてきた。これらの中には、トドマツ被枯病の激害林分の発生を地域や標高などの面から予測しているものも見られる（高藤・新井田，1983）。しかし、個々の林分について、「トドマツ被枯病が終息した時点でおよそ何本の造林木が残存する」というような具体的な被害予測を行った報告は皆無である。このような予測ができれば、トドマツ被枯病対策指針（北海道森林保護推進協議会，1984）にあるような残存本数に応じた施業方法も現実味を帯びてくるであろう。また、こうした予測は被害防除を実施するか否かを決定するのにも大いに役立つに違いない。

このように、個々の林分の激害木数（あるいは逆に残存木数）の予測が非常に重要な課題であるにもかかわらず、この種の研究がまったくなされなかったのは、本病菌の生活史に未解明な部分があることに象徴されるように病気発生のメカニズムが非常に複雑であることが関係しているのかもしれない。また、これまでの被害調査の大半が一時点だけのものであり、個体ごとの経時的な被害進行を把握できなかったことも一因にあげられよう。そして、なによりも個体の被害に最も影響を及ぼしている要因をつかみきれなかったことが最大の原因であると考えられる。

この報告では、トドマツ被枯病の被害林分 2 箇所を詳しく調査して、被害度に影響すると考えられている樹高、初めて発病した年度および初めて発病した時の樹高の 3 要因と被害度との関係を整理し、個体の被害予測にどの要因を用いるかを決定する。つぎにこの要因（初めて発病した時の樹高）と被害度の関係をさらに詳細に解析し、この結果をもとに被害の推移モデルを組み立てる。最後にこのモデルの被害推移の収束線を決めることにより、個々の林分の被害がではじめた時の樹高の分布から将来の激害木の本数を予測する方法を提案する。

なお、被害林分 2 箇所の調査は当該造林科、道北支場、美深林務署および滝川林務署の多くの人々の協力によってなされた。また、本橋をとりまとめるにあたり、当場の菊沢喜八郎、水井憲雄の両氏から貴重な助言・示唆をいただいた。これらの方々に深く感謝の意を表する。

## 調査林分と方法

表 - 1 に調査林分の概要を示した。1985 年時点の A 林分および 1984 年時点の B 林分の被害状況は、ともに 2, 3 の個体を除いたほとんどすべての個体が発病していた（水井，1985；浅井ほか，1985）。林分 B では樹高 10~20m のシナノキ、ハリギリ、キハダなどが部分的に保残されていたので、造林木を樹冠からの距離によって区分して調査を行った。即ち、保残木の樹冠縁から調査木までの距離により Z = 1m (0.1~2.0m), 3m (2.1~4.0m), 10m (6.1~20.0m) に区分した。

調査は、個体ごとに調査時点の樹高および各被階の地上高の測定を行った。発病が認められる輪生被階を対象に、各々の輪生被の発生年から調査年までの各年度ごとに被害輪生被（浅井ほか，1984 a）の有無を記録することにより、個体ごとに初めて発病した年度とその時の樹高を決定した。また、外観から個体ごとの被害度を微害（枝の先枯れ）、中害（中枯れ、中抜け）、激害（上枯れ、幹枯れ）の 3 段階（北海道林務部，1977 など）に区分した。

なお、この報告で用いた発病とはすべて輪生枝の主軸への発病をいい、側生枝等への発病は無視した。また、トドマツ枝枯病の発病時期がトドマツの当年伸長の開始前であるので、便宜上、当年伸長開始前の樹高をその年度の樹高とする。さらに、この報告では、初めて発病した年度とその時の樹高および個

体をそれぞれ初発病年度，初発病樹高，初発病木と呼ぶことにする。

表 -1 調査林分の概要  
Table .1 . Outline of the investigated todo-fir stands

林分 Stand	所在地 Location	植栽年度 Planted in	標高 Altitude	斜面方位 Aspect of slope	調査年・月 Investigated in	調査本数 Number of trees
A	赤平市 Akabira	1977	580m	南西 South-west	August 1984 June 1985	80
B	美深町 Bifuka	1976	420m	北 North	June 1984	72 (Z = 1m) 73 (Z = 3m) 122 (Z = 10m)

注 Zは，保残木の樹冠から調査木までの平均距離を示し，Z = 1m はおおよそ 0.1 ~ 2m，Z = 3m は 2.1 ~ 4m，Z = 10m は 6.1 ~ 20m の範囲内にある。  
Z indicates the mean distance from shelter tree crown to investigated todo-fir tree . Z = 1m : 0.1 ~ 2m，Z = 3m : 2.1 ~ 4m，Z = 10m : 6.1 ~ 20m .

## 結 果

### 1 被害度に関する要因の検討

#### (1) 樹高と被害度

各個体の最近 5 カ年の樹高を輪生枝階の地上高の測定値から求め，年度ごとに 0.5m 間隔の樹高階に区分して集計した。図 - 1 に，林分 A の 1985 年（林齢 8 年生）時点の樹高と被害度の関係を示した。

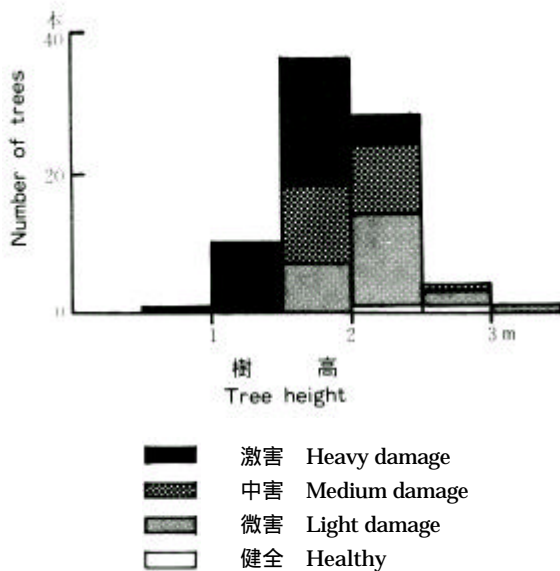


図 -1 林分 A の樹高と被害度の関係

Fig 1 Relation between tree height and damage degree in stand A

図 - 1 からわかるように，激害木は樹高の低い方に集中してみられ，1.5m 以下の樹高ではすべての個体が激害木であった。反対に，2.5 m 以上の樹高では激害個体はみられなかった。また，微害木は樹高の高い方では多数を占めたが，樹高の低い方では少なかった。中害木は激害木と微害木の分布の中間的な分布を示した。このような樹高と被害度の関係は林分 B や他の激害林分の報告（阿部ほか，1984：石坂，1985）でも同じであったことから，被害がある程度進行した段階の林分ではかなり普遍的な関係であるとみてよい。

#### (2) 初発病年度と樹高

図 - 2 に，林分 A の樹高と初発病年度の関係を経年的に示した。初発病年度には 5 間の違いがあるに

もかわらず，初発病木には 1.0 ~ 2.0m の樹高の範囲で発病するものが圧倒的に多い（図 - 5 参照）。

一方、早くに発病した固体、例えば図 - 2 の 1981 年の初発病木 (黒塗り) の 1985 年の樹高は林分全体の樹高分布のほぼ中央部に位置していて、早くに発病したことによる樹高生長の不利益はまったく見られない。1985 年の 1.5 ~ 2.0m と 2.0 ~ 2.5m の両樹高階には 1981 ~ 1985 年の各年度の初発病木が混在する。さらに、初発病年度別の 1988 年の平均樹高はいずれも 180 ~ 199cm であった。これらのことから、初発病年度とその後の樹高との関係はほとんどないものと結論できる。

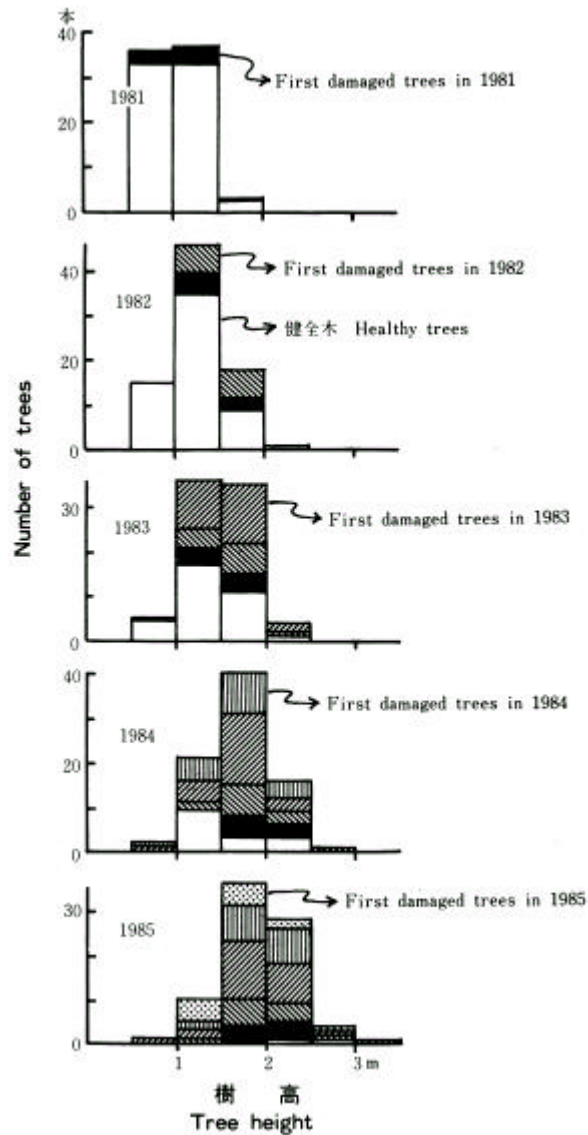


図 - 2 林分 A の樹高と初発病年度の関係  
**Fig .2** .Relation between tree height and year at the first damage by *Scleroderris* canker in stand A

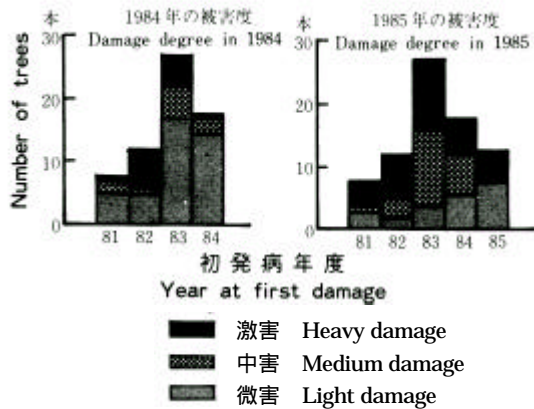


図 - 3 林分 A の初発病年度と 1984, 1985 年度の被害度との関係

Fig. 3 . Relation between the year at the first damage and damage degree in stand A

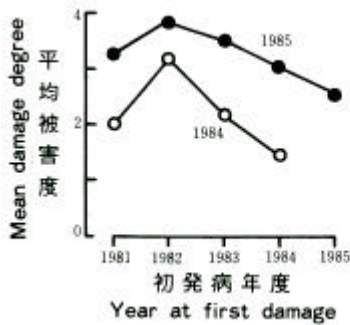


図 - 4 林分 A の初発病年度と平均被害度の関係

Fig. 4 . Relation between the year at the first damage and mean damage degree in stand A

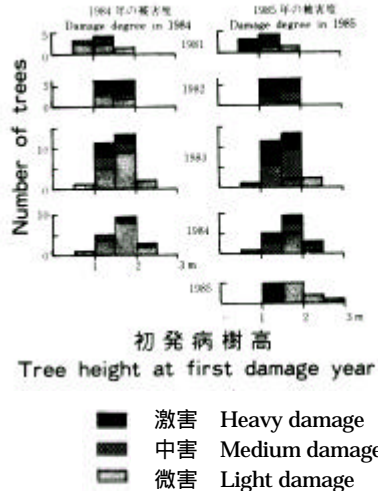


図 - 5 林分 A の初発病樹高と被害度の関係

Fig. 5 . Relation between the tree height at the first damage year and damage degree in stand A

### (3) 初発病年度と被害度

図 - 3 に、林分 A の初発病年度と 1984, 1985 の両年の被害度との関係を示した。各初発病年度とも激害個体数は 1985 年 (右側のヒストグラム) で増加しており、1984 年の被害度に比べて 1985 年の被害度がかなり進行したことがわかる。初発病年度と被害度の関係をさらに明瞭にするために、図 - 4 に初発病年度と平均被害度の関係を示した。平均被害度とは各被害度の与点 (健全 0, 微害 1, 中害 3, 激害 5) を合計し、この合計点を個体数で除した値である (横田, 1978)。図 - 4 から、1984 年に比べて 1985 年の被害度がかなり進行したことがよくわかる。また、1985 年と 1984 年の平均被害度の差は 1984 年の被害度が最も高かった 1982 初発病年度で小さく、1984 年の被害度が低かった初発病年度ほど大きい傾向がみられた。この結果、1985 年の平均被害度の初発病年度による差は小さくなった。こうしたことから、初発病年度と平均被害度の関係は年の経過とともに小さくなるものと考えられる。

### (4) 初発病樹高と被害度

各個体の初発病樹高を 0.5m 間隔の樹高階に区分して集計した。図 - 5 に、林分 A の初発病樹高と 1984, 1985 の両年の被害度との関係を示した。1984 年の被害度 (左側のヒストグラム) でははっきりした傾向は認められないが、1985 年では各初発病年度とも、初発病樹高が低いほど被害度は高い傾向が認められた。初発病樹高階 (0.5m 間隔) 別に各初発病年度の平均被害度を算出して、その平均値を比較した (図 - 6)。図 - 6 から、初発病年度が異なっても初発病樹高階が同じであれば、その平均被害度は被害年度毎に近い値を示すことがわかる。すなわち、1984 年の被害度は 1.0 ~ 1.5m と 1.5 ~ 2.0m の初発病樹高階で高く、この前後の樹高階で低くなっていた。一方、1985 年の被害度は初発病樹高が低いほど被害度は高くなる傾向がはっきりと認められた。

以上の結果を踏まえて、被害干渉にはどの要因を用いるのが最適かを検討した。まず、初発病年度はその後の被害度とほぼ無関係であるばかりか、樹高や初発病樹高ともそれほど密接な関係が認められないことか

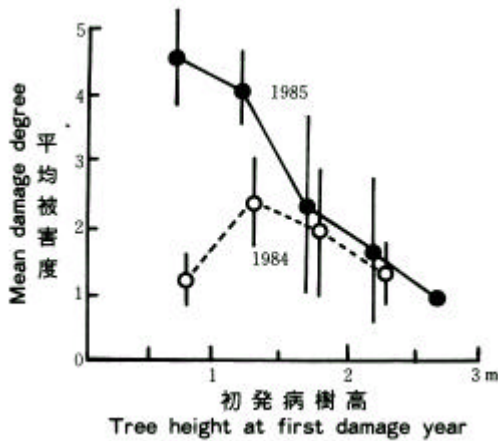


図 - 6 林分 A の初発病樹高と平均被害度の関係  
 Fig . 6 . Relation between the tree height at the first damage year and mean damage degree in stand A  
 The vertical lines indicate the range of mean damage degree

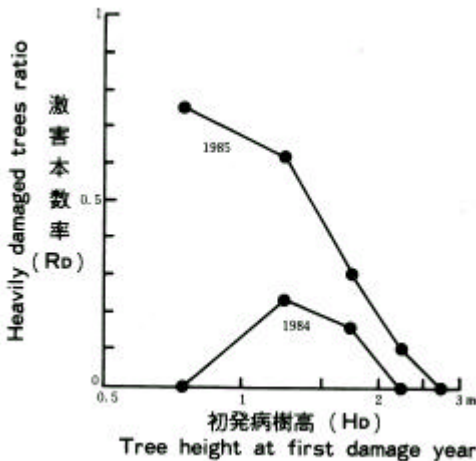


図 - 7 林分 A の初発病樹高と激害本数率の関係  
 Fig . 7 . Relation between the tree height at the first damage year and heavily damaged trees ratio in stand A  
 $R_D = (\text{Numbers of heavily damaged trees} / \text{Numbers of total trees})$

表 - 2 (1) 式の係数 A , B の値  
 Table . 2 . Values of coefficient A , B in formula ( 1 )

初発病樹高 $H_D$	A	B	R
0.75m (0.51 ~ 1.00m)	0.999	0.008	0.999
1.25m (1.01 ~ 1.50m)	0.493	0.077	0.977
1.75m (1.51 ~ 2.00m)	0.349	0.186	0.923
2.25m (2.01 ~ 2.50m)	0.047	0.124	0.961
2.75m (2.51 ~ 3.00m)	0	0	-

$H_D$  : Tree height the first year when a tree was damaged by *Scleroderris* canker

ら被害予測に役立たないことは明らかである。つぎに、被害がある程度進行した段階以後は、樹高と被害度の間にかなり密接な関係が認められた。しかし、被害予測は早い時期にできればできる程価値があることを考慮すれば、被害予測に樹高を用いることは不適當である。もう一方の初発病樹高は、発病した時点でその個体の将来の被害度が予測できる可能性が高い。また、初発病樹高は樹高と異なり、何年経過しても変化しないことも予測には都合がよい。このようなことから、以後初発病樹高を中心に予測の可能性と方法を検討する。

## (2) 初発病樹高と激害本数率の関係の推移

実際の林分で将来の被害を予測し可らかの施業を実行する立場に立って考えるならば、平均被害度のようにやや具体性に欠ける情報よりも、「この林分では将来何本の木が激害になる」というような情報の方がずっと役に立つものと思われる。そこで、より具体的な被害度の表示法として激害本数率 ( $R_D = \text{激害個体数} / \text{総個体数}$ ) を採用した。図 - 7 に、林分 A の初発病樹高 ( $H_D$ ) と激害本数率の関係を示した。なお、図 - 7 からは、後述するモデルとの比較のため、便宜上横軸を対数にした。

まず、1984 年の激害本数率は 1.0 ~ 1.5m と 1.5 ~ 2.0m の初発病樹高階で高く、この前後の樹高階で 0 であった。また、1985 年の激害本数率は初発病樹高が低いほど高かった。このような図 - 7 の初発病樹高と激害本数率の関係は、図 - 6 の初発病樹高と平均被害度の関係と酷似している。このように激害本数率は激害個体数を算出できるだけでなく、平均被害度とも密接な関係が認められる有用な被害度の表示法であるといえよう。

図 - 8 に、林分 B の初発病樹高 ( $H_D$ ) と激害本数率 ( $R_D$ ) の関係を樹冠からの距離 ( $Z$ ) 別に示した。同一時点での調査であるにもかかわらず、樹冠から遠ざかるにつれて激害本数率が高くなる傾向がみられる。この傾向は初発病樹高の低い方で顕著である。このように、樹冠に近いほど被害度 (図 - 8 では激害本数率) が軽 (低) くなる現象は、これまでにかんりの観察例

があり、トドマツ枝枯病に対する上木（による保護）効果として、よく知られている（YOKOTA et al., 1975；小林・今野，1984 など）。

図 - 8 の樹冠から距離 1m から 3m，10m への激害本数率の推移は，図 - 7 の 1984 年から 1985 年への経年的な激害本数率の推移と似ている。すなわち，樹冠にごく近い個体群（ $Z=1m$ ）では林分 A の 1984 年のように中間の初発病樹高階で激害本数率が高く，その前後の樹高階で低い正規分布に近い分布型を示した。また，樹冠から遠ざかるにつれて（ $Z=3m, 10m$ ），林分 A の 1985 年のように激害本数率は初発病樹高階が低いほど高くなる傾向を示した。さらに，林分 B の 1984 年時点の樹冠下の造林ものでは，激害木は僅かに 1 本であった。同様に，林分 A の 1983 年時点の激害木の本数も 1983 年の樹高生長（激害木の樹高生長はほとんど停止する）から推測すると僅かに 2 本であった。したがって，図 - 7 や図 - 8 に，1983 年や  $Z=0m$  の被害状況をそれぞれ図示するとすれば，ほとんど横軸そのものになるであろう。このような意味からは，図 - 8 の  $Z=1m$  のような正規分布に近い分布型が初発病樹高と激害本数率の初期的関係といえよう。ここに示したように，樹冠からの距離と時間（年）が激害本数率に対して似たような作用を示すことに注目して，林分の被害推移をさらに詳細に解析する。

図 - 9 は，図 - 8 の激害本数率と初発病樹高階および樹冠からの距離の 3 者の関係を，横軸に樹冠からの距離をとってかきかえたものである。図 - 9 で明らかなように初発病樹高階（ $H_D$ ）ごとに激害本数

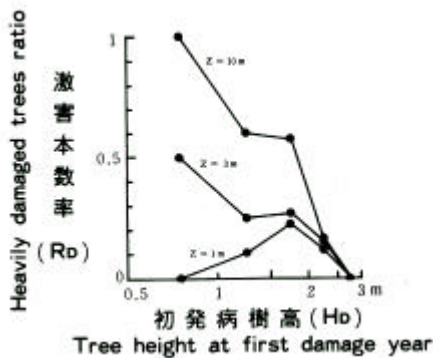


図 - 8 林分 B の初発病樹高と激害本数率の関係  
 Fig . 8 . Relation between the tree height at the first damage year and heavily damage trees ratio in stand B  
 Z : Distance from shelter tree crown

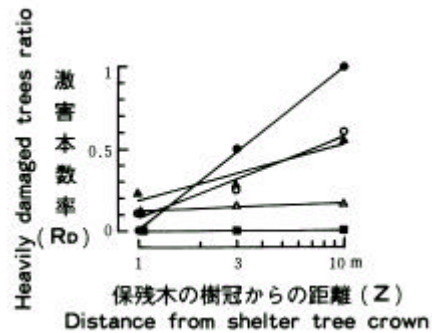


図 - 9 林分 B の保残木の樹冠からの距離と激害本数の関係  
 Fig . 9 . Relation between the distance from shelter tree crown and heavily damaged trees ratio in stand B  
 $H_D = 0.51 \sim 1.00m$        $H_D = 2.01 \sim 2.50m$   
 $H_D = 1.01 \sim 1.50m$        $H_D = 2.51 \sim 3.00m$   
 $H_D = 1.51 \sim 2.00m$   
 $H_D$  : Tree height at the first damage year

率と樹冠からの距離（ $\log Z$ ）の間に比較的きれいな直線関係がみとめられる。この直線関係を（1）式であらわし，

$$R_D = A \log Z + B \dots\dots\dots (1)$$

係数 A，B を最小二乗法により求めた（表 - 2）。直線の勾配係数 A は初発病樹高が高いところで小さく，低いところで大きくなっている。このことは初発病樹高が高い場合，例えば 2.0m 以上の樹高で初めて発病したような個体は樹冠から遠く離れても激害木になることはまれであることを，逆に 1.0m 以下で発病したような個体は樹冠から離れば激害木になる個体が急激に増加することを意味している。

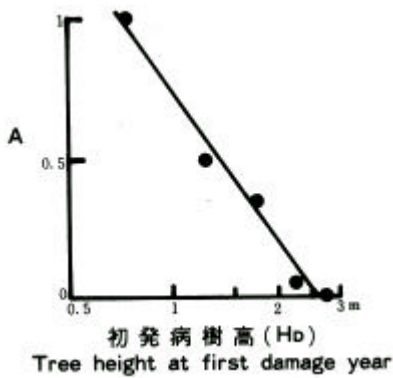


図 - 10 係数 A と初発病樹高の関係  
 Fig . 10 . Relation between the values of coefficient A and the tree height at the first damage year

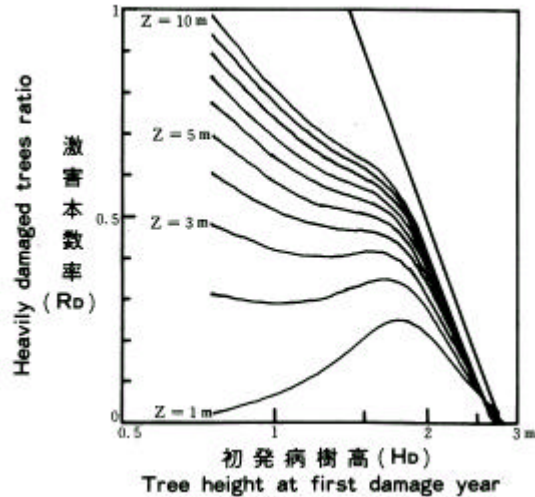


図 - 11 ( 4 ) 式による林分の被害推移モデル  
 Fig . 11 . Transition model of stand damage by *Scleroderris canker* based in formula ( 4 )  
 図中の直線は被害推移の収束線をあらわす  
 The straight line indicates the converge line of damage transition

図 - 10 は、初発病樹高と勾配係数 A の関係を示したものである。両者の間にはきれいな直線関係がみとめられ、最小二乗法による直線の回帰式は

$$A = - 1.982 \log H_D + 0.813 \quad (r = - 0.989) \dots\dots\dots ( 2 )$$

( 2 ) 式であらわせた。

### 3 林分の被害推移モデルと被害予測

林分の被害推移モデルは、図 - 8 の樹冠からの距離  $Z = 1m$  の初発病樹高 ( $H_D$ ) と激害本数率 ( $R_D$ ) の関係を林分被害の初期的関係 (初期値 :  $B$ ) とし、これに初発病樹高と樹冠からの距離 ( $Z$ ) によって決まる激害本数率の増分を加えるという簡単なものである。

初期値を、次のような 2 次の分数関数で近似した。

$$B = 0.154 / \{ (H_D - 1.75)^2 + 0.467 \} - 0.08 \dots\dots\dots ( 3 ) ,$$

激害本数率の増分は、( 2 ) 式から求めた初発病樹高別の勾配係数 A と樹冠からの距離に応じた  $\log Z$  との積である。これらをまとめると、林分の被害推移モデルは次のような式であらわせる。

$$\left. \begin{aligned} R_D &= A \log Z + B \\ A &= - 1.792 \log H_D + 0.738 \\ B &= 0.154 / \{ (H_D - 1.75)^2 + 0.467 \} - 0.08 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots ( 4 )$$

ただし、 $0 \leq R_D \leq 1$  である。

図 - 11 に、( 4 ) 式による林分の被害推移モデルを示した。樹冠からの距離が大きくなるにしたがって、被害が増大していく様子が図 - 11 によくあらわれている。図中の  $Z = 1m, 3m, 10m$  は、図 - 8 の樹冠からの距離による被害推移をかなりうまく再現している。さて、このモデルでは ( 4 ) 式の内容から樹冠からの距離  $Z$  を無限に大きくした時、初発病樹高が約 2.6m より低くければ激害本数率はいずれも 1 になり初発病樹高による差はなくなることになる。しかし、現実の林分では前述したように、少なくとも樹冠下から 10m 以内では、初発病樹高によって激害本数率に明白な差がみられた。また、上木効果が樹冠下から何 m の距離まで及ぶかは今のところ明らかでないが、樹冠下から数十 m 離れたところでも保護効果があるとは考えにくい。これらのことから、このモデルは樹冠からの距離が比較的小さ



い範囲内での被害推移を記述するモデルであるということができる。

トドマツ枝枯病の被害の進行は非常に早く、通常、激害木の出現後の数年間でその林分の被害の大勢は決定される。林分Bの樹冠からの距離（Z）10mでは、調査時点（1984年）でおよそ40%の個体が激害木であった。今後、この林分の激害木はまだ増加すると予想されるが、激害木へと進行する個体はあらかた見当がつく。すなわち、林分Bの最深積雪深（2.0m未満）から考えて、1984年時点の樹高が2.5m以上になっていれば（大半の個体は次の越冬時には3.0m前後になって主幹が雪上にでるために）、激害木になることはほとんどないと考えてよい。林分BのZ=10mで、調査時点の被害度が激害でなく（微害または中害）、初発病樹高2.0m以上の個体では、すでに70%以上が2.5m以上に達しており、残りの個体も2.5mに近いものが多いことから、これらの初発病樹高階の激害本数率は今後それほど増加しないと考えられる。一方、初発病樹高1.5m以下で1984年時点の被害度が激害でない個体では、約80%がまだ2.0m未満であり、大半は今後激害木へと進行するものと考えられる。これらの中間の初発病樹高1.5~2.0mの個体で激害木へと今後進行するものは、前二者の中間位と考えられる。こうしたことを考慮して、Z=10mでの初発病樹高（ $H_D$ ）と激害本数率（ $R_D$ ）との関係の収束線を、図-11のZ=10mの下部の曲（直）線に平行な直線として暫定的に定めた。この直線は次式で近似できた。

$$R_D = -3.4 \log H_D + 1.5 \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 $0 \leq R_D \leq 1$ である。

ある初発病樹高  $H_{Di}$  の個体に対して、(5)式により算出される激害本数率  $R_{Di}$ （について考えてみる。1個体に対する激害本数率とはその個体の激害になりやすさの程度、いいかえればその個体が激害になる確率を意味する。したがって、ある林分の将来の激害木数は各個体のこの確率（激害到達確率）の和として求められる。即ち、この確率（激害到達確率）を  $P_{HDi}$  とすると、ある林分（個体数  $n$ ）の将来の激害木数（ $N_D$ ）は次式で与えられる。

$$N_D = \sum_{i=1}^n P_{HDi} \dots \dots \dots (6)$$

このようにして、個体ごとの初発病樹高がわかればその林分の将来の激害木数を予測することが可能である。例えば、林分Aにも(5)式が適用できるものとして、林分Aの初発病樹高からこの林分の将来の激害木数を予測すると、個体数80本の内、62.7本が激害木になると予測された。

初発病樹高階ごとの激害本数率は、図-11の収束線と横軸および当該発病樹高階の上・下限値に囲まれた面積と、 $R_D = 1$ と横軸および発病樹高階の上・下限値に囲まれた長方形の面積の比から算出できる。それらの値は、個体ごとの初発病樹高が不明でも、初発病樹高階ごとに集計された資料がある場合の予測に用いられる。最もよく用いられる0.5m間隔の初発病樹高階に対する図-11の激害本数率はつぎのとおりである。

0.5 ~ 1.0m	.....	1.0
1.0 ~ 1.5m	.....	0.990
1.5 ~ 2.0m	.....	0.676
2.0 ~ 2.5m	.....	0.304
2.5 ~ 3.0m	.....	0.036

これらの値と初発病樹高階ごとに集計された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。例えば、さきほどと同様に林分Aについて初発病樹高をこの樹高階に区分して算出すると、激害木数は64.7本とさきほどの値にごく近い値が予測された。

## 考 察

### 1 林分の被害推移と発病誘因について

初発病樹高と被害度（激害本数率）の初期的関係は、中間の初発病樹高階で被害度が高く、その前後の樹高階で低い正規分布に近い分布型を示した（図 - 6, 7 の 1984 年, 図 - 8, 11 の  $Z = 1m$ ）。初発病樹高の高いところで激害木が少ないのは、前述したように早期に主幹が雪上に出る樹高に達するからである。雪上に出た枝幹が発病しないのは、その枝幹がたとえ感染していたとしても、低温のために病原菌が生育できないから（秋本, 1985）と考えられる。また、初発病樹高の低いところで激害木が少ないのは、これらの造林木の大半が雪中に倒伏して越冬するために枝葉が雪に引っ張られることが少ないから（浅井ほか, 1983）と考えられる。中間の初発病樹高で激害木が多いのは、雪中の倒伏から立ち上がって枝葉が雪に引っ張られる位の樹高に達した個体が多いからであろう。

初発病樹高と被害度の関係の経時的な推移についてみると、初発病樹高が高いところでは、時間が経過しても雪上木が大多数なので激害木はほとんど増加しない。初発病樹高が低いところでは、雪中に倒伏していた個体が時間の経過とともに立ち上がり、その枝葉が雪に引っ張られる位の樹高に達するため激害木は急速に増加する。中間の初発病樹高では雪上木になって危険期を脱出する個体があらわれるために、激害木は低初発病樹高のものほど増加しない。

こうした結果、林分の初発病樹高と被害度の関係は図 - 7, 8, 11 のように、正規分布的な初期的関係から初発病樹高が低いほど被害度が高い関係へと推移すると考える。こうした林分の被害推移は、造林木の大きさによって発病誘因としての積雪の関与の仕方が異なることによってもたらされると考える。

### 2 被害推移の収束線と被害度区分図との関係

筆者らはさきに、縦軸に被害輪生被率（発病範囲にある輪生枝総数に対する被害輪生枝の比）、横軸に樹高をとった図中に 3 段階の被害度の境界線を設けた被害度区分図を提案し、これを用いて激害林分の被害解析を行った（浅井ほか, 1984a, b）。音威子府村の被害林分を対象とした被害度区分図からは樹高約 2.7m 以上の個体は激害にならないことが示された。今回の被害推移の収束線（図 - 11）では初発病樹高約 2.8m 以上では激害にならないことを示している。この 2 つの値は、樹高と初発病樹高の違いはあるが、両者とも美深・音威子府地方ではおおよそ 2.5 ~ 3.0m が激害の危険期を脱出する樹高であることを示唆している。このような数値の類似の他に積雪深による直線の移動方向など、被害推移の収束線と被害度区分図の激害境界線には類似点が多い。今後の検討課題である。

また、被害度区分図上では、個体の経年的な被害推移を初発病以後の樹高と被害輪生枝率、被害度の三者の推移として同時に記述できる。したがって、すでに被害のおさまった激害林分の資料を被害度区分図上に打点し、過去の時点の激害木数を推定することにより、一時点の調査からその林分の被害推移のモデルや収束線を作成できる可能性がある。いろいろな地域で被害推移のモデルや収束線を作成する場合に役に立つと考える。

### 3 被害予測について

この報告で提案した被害予測の方法は、初発病樹高によりその個体の激害到達確率を決めるというものであった。したがって、この予測では初発病樹高をいかに正確に決定するかが最も重要な課題になる。調査対象木の大半が既発病木の場合は、丁寧に調査すれば初発病樹高の決定はそれほど問題でない。しかし、林分の中で発病木が散見される段階で、将来の激害木数を予測しようとする、未発病木の初発病樹高を推定するという問題が生じる。この問題はつぎのようにして解決されよう。林分中に（輪生枝への）発病木が散見される段階では、すでに大半の個体の側被は発病しており（浅井ほか, 1984b）、近い将来に全個体が発病すると考えてよい。したがって、未発病木が近い将来に発病するまでにどれだけ

の樹高生長をするかを定めればよいことになる。林分Aの1982年の既発病木は約25%であり(図-2)、丁度、林分中に微害木が散見される被害段階と推測される。その後、1984年には約81%、1985年には約96%の個体が発病木になっている。1982年の林分平均樹高128cmに対し、1984年で171cm、1985年で193cmであった。すなわち、林分中に微害木が散見される時点から、樹高が43~65cm伸長する間に大半の個体は発病木になっている。これらのことから、未発病木の初発病樹高をおおまかに推定するには現在の樹高に0.5mを加えればよいだろう。この方法で、1982年時点での林分Aの未発病木の初発病樹高を推定し、将来の激害木を予測すると59.0本と算出された。1985年の確定した初発病樹高から算出された62.7本にかなり近い値といえる。

前述したように、林分の被害推移に積雪が大きく関与していることから、積雪深が異なれば被害推移の収束線が異なってくることは当然予想される。(5)式であらわされる被害推移の収束線は、道央の美深の被害林分の資料から作成したものであるため、最大積雪深が1.5~2.0mの地域で上木がいくらか保残されているような林分に対してはそのまま適用できると考える。現在、トドマツ被枯病の蔓延が問題になっているような地域のほとんどはこの最大積雪深の範囲に含まれるとおもわれる。最大積雪深が2.0mを大幅に超えるような多雪地域や高標高地、あるいは逆に最大雪深が1.0m未滿の寡雪地域に対する被害推移の収束線は(5)式の収束線を左右に平行移動(左:寡雪,右:多雪)することで解決できると考えるが、今後の検討課題である。

## 文 献

- 阿部信行・浅井達弘・新村義昭 1984 トドマツ枝枯病被害林分の取り扱い方法の検討( )  
- 被害木の発生 生とその後の推移 - . 日林北支講 32:98-100 .
- 秋本正信 1985 トドマツ枝枯病とトドマツの埋雪期間および埋雪時期との関係 .  
96回日林論:475-476 .
- 浅井達弘・薄井五郎 1983 トドマツ枝枯病の発病誘因の検討( )  
- 接地する枝が発病しにくい現象について - . 日林北支講 31:122-124 .  
・阿部信行・新村義昭 1984 a トドマツ枝枯病被害林分の取り扱い方法の検討( )  
- 被害度区分図の提案 - . 日林北支講 32:101-103 .  
・ 1984 b トドマツ枝枯病被害林分の取り扱い方法の検討( )  
- 被害度区分図を用いた激害林分の被害解析例 - . 日林北支講 32:104-106 .  
・ 菊沢喜八郎 1985 トドマツ枝枯病被害林分の取り扱い方法の検討( )  
- 樹冠からの距離と被害のあらわれ方 - . 日林北支講 33:160-162 .
- 北海道林務部 1977 寒冷多雪地におけるトドマツ人工林の気象害 . 経営試験業務資料 31:47pp .  
1986 トドマツ枝枯病の現状とその対策 - 道有林における調査例 - . 業務参考資料 95pp .
- 北海道森林保護推進協議会 1984 トドマツ枝枯病対策指針 .
- 石坂久志 1985 トドマツ枝枯病被害木の生長推移 - 危険期脱出樹高 - . 北方林業 37:33-36 .
- 小林順二・今野正彰 1984 トドマツ枝枯病に対する上木の保護効果について .  
昭和58年度林業技術研究発表 大会論文集:150-151 .
- 水井憲雄 1985 トドマツ枝枯病被害度区分図の適用例 . 日林北支講 33:155-157 .
- 高藤 満・新井田利光 1983 トドマツ枝枯病の実態と施業について .  
昭和57年度林業技術研究発表大会論文集:159-160 .
- 田中 潔 1984 北海道におけるトドマツ枝枯病の最近の被害状況 . 森林防疫 33:78-83 .

YOKOTA , S . , UOZUMI , T . and MATSUZAKI , S . , 1975 . *Scleroderris* canker of Todo-fir in Hokkaido , Northern Japan V . Relationship between disease development and forest type . Eur . J . For . Path , 5 : 356 - 366 .

横田俊一 1978 トドマツ枝枯病について . 北海道の林木育種 21 : 17 - 24 .