

ヒノキ・アテ漏脂病の被害実態に関する研究 (II)

— 小松市における被害状況と林分諸特性との関係 —

矢 田 豊

I はじめに

ヒノキ・アテ漏脂病は本県の人工林における主要な樹病のひとつである。その発生要因については近年注目すべき報告がなされている(4, 8)が定説はまだない。著者は、1987年より本県におけるヒノキ・アテ漏脂病の発生状況を把握しその基礎的情報を蓄積するための、被害実態に関する調査を行っている。前報(12)では、漏脂病患部からの樹脂流出の季節的变化の1事例について報告した。本報では、小松市におけるヒノキ人工林60林分の調査結果から、林分の成長や環境要因等と漏脂病被害との関係を把握するために多変量解析を行った結果について報告する。

統計解析法について助言を頂いた石川県林業試験場の富樫一巳専門研究員、小松市のヒノキ林調査を実施された東京農業大学の杉浦孝蔵教授、小松市森林組合の清水正明氏、石川県造林課の石田清主幹、石川県林業試験場の千木容技師に厚くお礼申し上げる。

II 調査地および方法

調査林分は石川県小松市のほぼ全域より抽出されたヒノキ人工林60林分である(2, 7)。各林分の代表的な位置でおおよそ30~50本が含まれる調査区を設定し、本数、胸高直径、樹高を測定した。また、調査区における地形、堆積型、土壌型、A層の深さを調査した。標高は地形図より10m単位で読み取った。林齢、斜面方位、傾斜については森林簿の記録によった。現地調査を実施したのは1986~1987年である。漏脂病の被害程度は表-1のように区分し、調査区内の全ての木について被害程度を判定した。

被害率におよぼす諸特性の影響の度合いを判定するために、数量化I類および重回帰分析(9)を実施した。数量化I類においては各アイテム中

表-1 漏脂病被害区分

区 分	定 義
微 害	樹脂が点状、あるいは線状に流出している
中 害	樹脂が面状に流出している
激 害	樹幹の変形が著しい あるいは材部が露出し、溝状を呈する

※ 調査木の最も被害の大きい患部の状態により、判定した。

のカテゴリーへの反応数はなるべく均等な方がよい結果が得られると言われている。そこで、表-2のように調査結果をまとめなおし、解析資料とした。また、質的データの重回帰分析への適用においては、単純な順序尺度への置き換えが困難な斜面方位のデータは使用せず、他の変数については等間隔の数値で置き換え、解析資料とした(表-2)。また、被害率に有意な回帰関係を持つ変数のみを選択するために、数量化I類、重回帰分析ともにF値(Fin, Fout)を2.0とした変数増減法(9, 10)によって変数選択を行った。

重回帰分析では、各測定値の誤差項が正規分布するとの仮定に立っている。今回の漏脂病被害率のデータは30%以下の値を含む比率のデータであったので、逆正弦変換(3, 5)により正規化して解析に用いた。

III 結果および考察

1 被害の状況

全調査林分の被害率の頻度分布と相対累積度数を図-1に示す。全調査木中の激害木の本数割合により示した被害率(以下[激害])が5%未満であった林分は全調査林分の58%にあたる35林分で、同じく10%未満であった林分は82%にあたる49林分であった。また、[激害]の最大値は34%であった(図-1(a))。同様に中害木および激害木を合わせた被害率(以下[中害+激害])では、

本研究の概要は第99回日本林学会大会で発表(13)した。

表-2 解析のための調査データの加工

定量調査項目	範 囲	数量化 I 類	定性調査項目	区 分	重回帰分析	数量化 I 類		
林 齢 (年)	最大	75	土 壤 型**	B _B	(4)	1	B _B ~B _C	(9)
	最小	5		B _C	(5)	2	B _D (d)	(30)
				B _D (d)	(30)	3	B _D	(21)
				B _D	(21)	4		
胸 高 直 径 (cm)	最大	28	堆 積 型	残積土	(11)	1	残積土	(11)
	最小	2		匍行土	(33)	2	匍行土	(33)
				崩積土	(16)	3	崩積土	(16)
樹 高 (m)	最大	23.3	地 形	山 頂	(2)	1		
	最小	2.5		山腹凸斜面	(18)	2	山頂, 凸斜	(20)
				山腹直斜面	(28)	3	山腹直斜面	(28)
				山腹凹斜面	(10)	4	凹斜, 山脚	(12)
立 木 密 度 (本/ha)	最大	2800	傾 斜	山 脚	(2)	5		
	最小	700		5~15	(15)	1	5~15	(15)
				15~25	(23)	2	15~25	(23)
				2000~	(9)	3	25~45	(22)
標 高 (m)	最大	450	斜面方位***	35~45	(1)	4		
	最小	40		N	(15)		N, NE	(22)
				NE	(7)			
				E	(6)		E, SE	(10)
A層の深さ (cm)	最大	70		SE	(4)			
	最小	5		S	(4)		S, SW	(14)
				SW	(10)			
				W	(4)		W, NW	(14)
			40~	(19)	NW	(10)		

* ()内の数値は該当林分
 ** 黄色系および赤色系褐色森林土を含む。
 *** 重回帰分析には使用せず。

5%未満であった林分は全調査林分の27%にあたる16林分で、同じく10%未満であった林分は52%にあたる31林分であった。また、[中害+激害]の最大値は47%であった(図-1(b))。さらに微害木も合わせた被害率(以下[微害+中害+激害])では、5%未満であった林分は全調査林分の10%にあたる6林分で、同10%未満であった林分は33%にあたる20林分であった。また、[微害+中害+激害]の最大値は96%であった(図-1(c))。このように、被害率の出現頻度は低い方へ偏り、被害率の高い林分はごく少数であった。

次に時間の経過による被害程度の推移の大まかな傾向を見るために、林齢を20年毎に区切り、それぞれの区分毎に総調査本数を求め、各被害区分の本数比を示した(図-2)。あわせて区分毎の調査区内全木の本数密度も示した。激害木の比率は0~20年生および21~40年生では約3%と低い

が、41~60年生および61~80年生では11%前後となった。激害と中害を合わせた本数割合は全林齢を通して12%前後であり、中害木は、概ね激害木の増加にともなって減少した。一方微害は0~20年生で25%と多く、21~40年生・41~60年生では約9%、61年生以降では2%と低くなった。

現在のところ、漏脂病の病原が確定されていないため、その初期病徴については明確な定義を示し得ない。よって、本調査では「樹脂が点状、あるいは線状に流出している」状態を微害とした(表-1)。0~20年生で微害が多いのは、積雪等の影響による枝の付け根への物理的損傷や、枝打ち跡等からの樹脂流出が比較的多く確認されるためである。それらが漏脂病の誘因となっている可能性は完全には否定できないが、少なくとも、それらの全てが実際の漏脂病に進展することはないと言えよう。以上のように、今回の被害程度区分

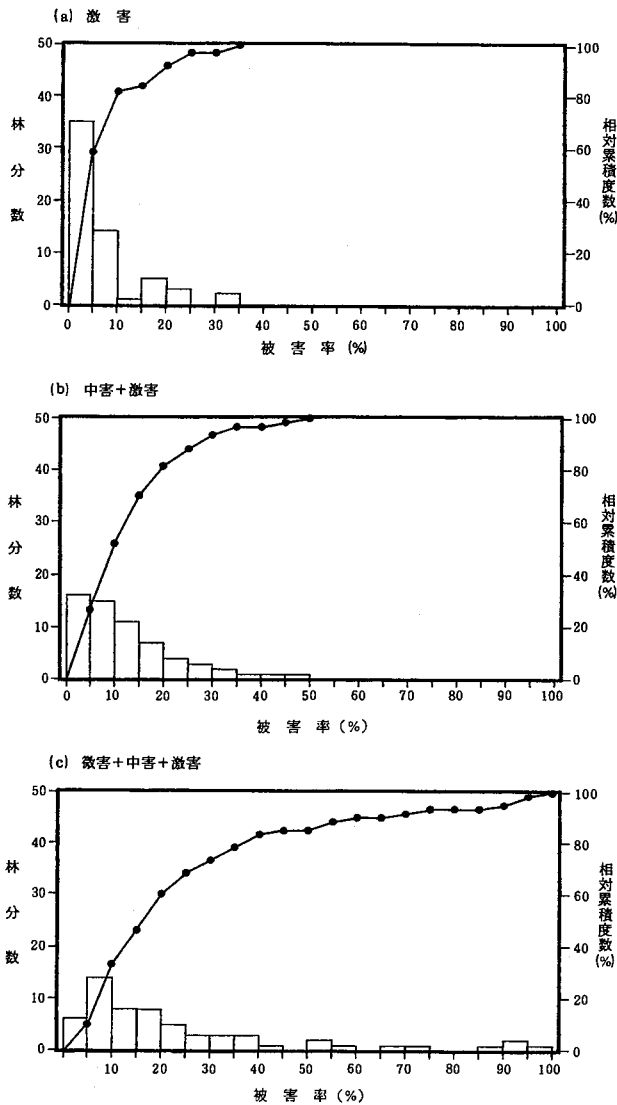


図-1 被害率の頻度分布と相対累積度数

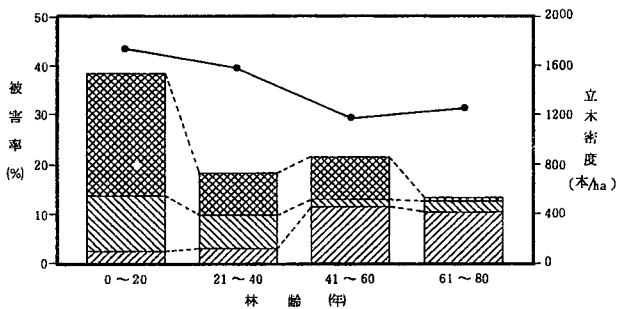


図-2 林齢による被害率、立木密度の違い
 激害: 中害: 微害 —●—: 立木密度

の微害には、漏脂病に関係しない現象が含まれていると考えられるため、以下の解析では「激害」および「中害+激害」を主な解析の対象とする。

2 林分測定値および環境要因と被害率との関係

「激害」、「中害+激害」を目的変数とした数量化I類、重回帰分析の結果を表-3に示す。数量化I類では有意な変数は選択されず、重回帰分析では「激害」で胸高直径、樹高および林齢が、「中害+激害」では胸高直径および樹高が選択された。ともに胸高直径でもっとも偏相関係数が高かった。

表-3 多変量解析の結果

選択された項目		偏相関係数	F値	VIF*
数量化I類				
「激害」	該当なし			
「中害+激害」	〃			
重回帰分析				
「激害」	胸高直径	0.363	8.5	8.7
	樹高	-0.328	6.8	10.1
	林齢	0.280	4.8	4.4
「中害+激害」	胸高直径	0.310	6.1	8.4
	樹高	-0.260	4.1	8.4

* 分散拡大要因(9)

数量化I類は重回帰分析にダミー変数の概念を導入して質的データを取り扱えるようにした手法である。本法により、重回帰分析では線形回帰等を仮定して解析せざるを得なかった量的データについても、適切な区分によってより真実に近い構造を把握することが可能となる(10)。また、重回帰分析と同様な考え方でF検定等による変数選択を実施することにより、有意な変数のみを含んだモデルを決定できる(10)が、各カテゴリーが各々一つの変数に相当するため、検定における自由度は増加して変数の検出力は低下すると言える。重回帰分析で検出された変数が数量化I類では検出されなかったのは、このような理由によるものと考えられる。

また、重回帰分析において検出された各変数はいずれも成長に関する特性であり、各々の間には高い相関関係がある(図-3)。また、分散拡大要因(VIF)(9)の値を見ても、「激害」の林齢を除いて8から10と高い値となっており、これ

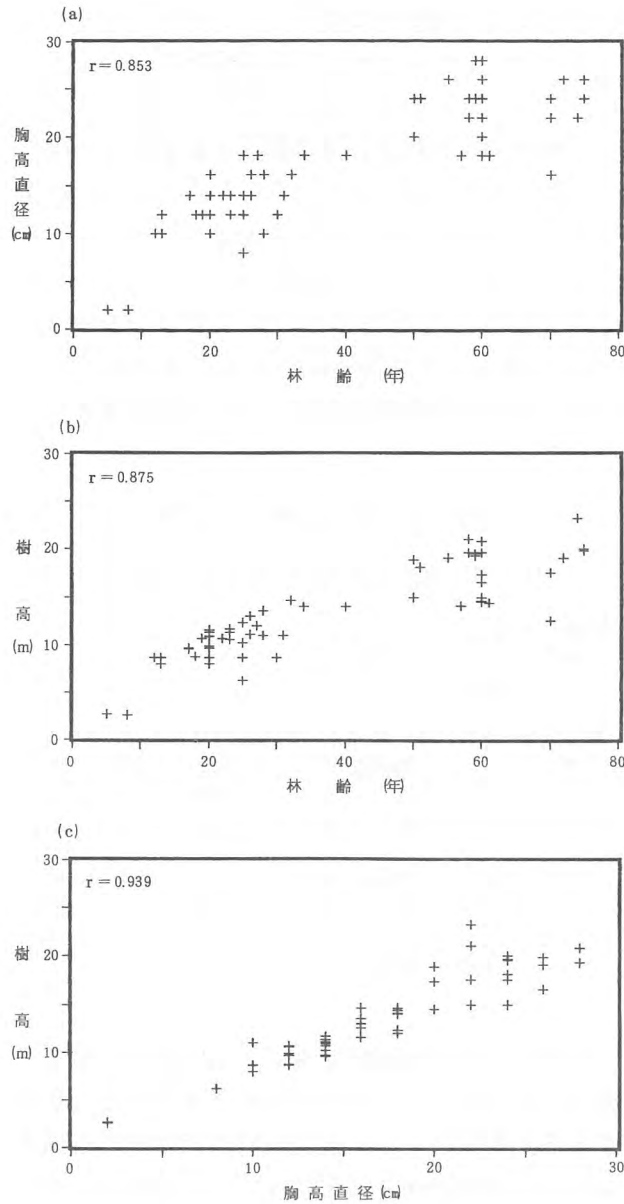


図-3 林齢、胸高直径、樹高の相関関係

らのモデルが妥当であるとは言い難い。さらに、両モデルで樹高は負の相関を示しているが、単回帰分析によれば樹高と〔激害〕、〔中害+激害〕は正の相関を示していた(表-4、図-4(c)、5(c))。これらのことから、重回帰式に採用された樹高の項は胸高直径の線形回帰モデルからの残差を減少する意味で取り込まれたと考えられる。よって、〔激害〕および〔中害+激害〕に有意な影響を及ぼしているのは林分の成長に関連する特性であり、もっとも有効な線形回帰モデルは胸高直径を採用した単回帰モデルであると考えられる。

胸高直径・林齢・樹高と各被害率との単回帰分析結果を表-4に、それらの散布図を図-4、5、

表-4 単回帰分析結果

目的変数	従属変数	回帰係数	F値	検定結果
〔激害〕	胸高直径	0.512	20.6	****
	林 齢	0.505	19.8	****
	樹 高	0.412	11.8	****
〔中害+激害〕	胸高直径	0.200	2.4	N.S.
	林 齢	0.106	0.7	N.S.
	樹 高	0.100	0.6	N.S.
〔微害+中害+激害〕	胸高直径	-0.273	4.7	**
	林 齢	-0.321	6.7	**
	樹 高	-0.358	8.5	***

**** 危険率0.1%有意
 *** " 1%有意
 ** " 5%有意
 * " 10%有意
 N.S. " 10%有意差なし

6に示す。〔激害〕では、各特性との間に明らかな正の回帰関係が認められ、わずかな例外の林分を除いて各特性との間にほぼ直線的な上限値が認められた。この傾向は、胸高直径で最も明瞭であった。〔中害+激害〕では弱い正の相関が認められた。また、〔微害+中害+激害〕では、各特性との間に負の相関が認められた。

なお、前述のような理由から、今回解析に用いた数量化I類では質的データの検出力が低いことが考えられるため、各林分の被害率が胸高直径と〔激害〕、あるいは〔中害+激害〕との回帰直線より上に位置するか下に位置するかによって分類し、その2階級と、質的データである各種環境要因との関係を分割表(11)によって検定したが、有意な関係は認められなかった(表-5)。

表-5 残差の符号区分と質的データの分割表による検定結果

目的変数	従属変数	χ^2 値	検定結果
〔激害〕	土壤型	4.92	N.S.
	堆積型	2.05	N.S.
	地 形	2.51	N.S.
	傾 斜	2.16	N.S.
	4 方位	0.32	N.S.
〔中害+激害〕	土壤型	4.72	N.S.
	堆積型	0.30	N.S.
	地 形	5.05	N.S.
	傾 斜	1.09	N.S.
	4 方位	4.23	N.S.

N.S. 危険率10%で有意差なし

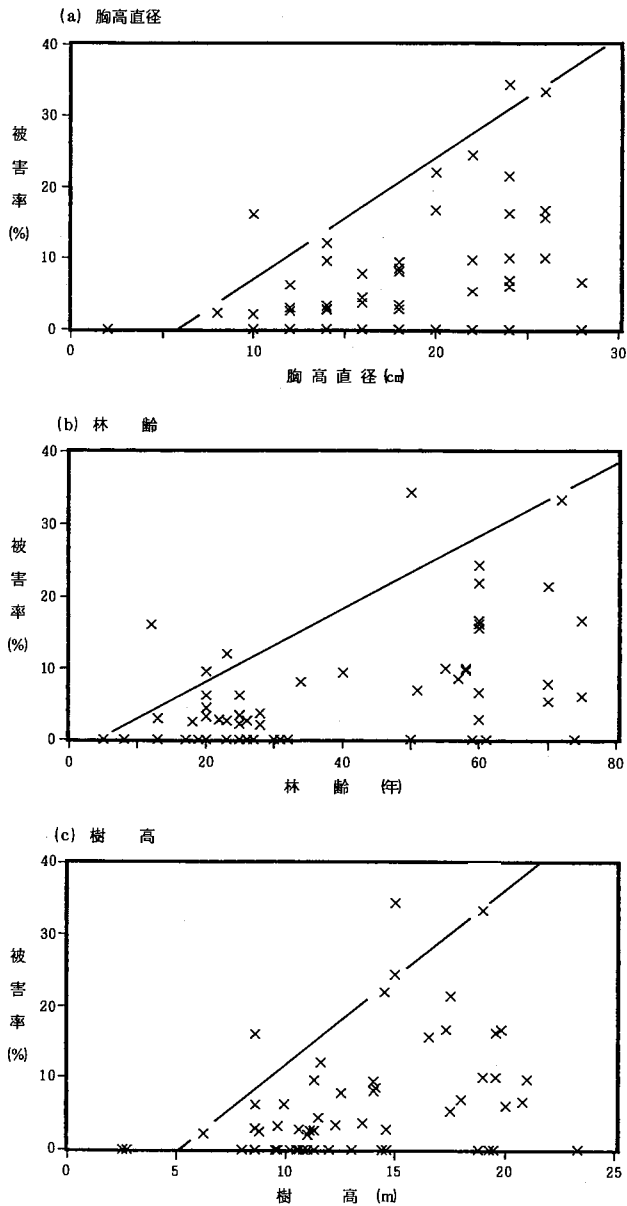


図-4 被害率〔激害〕と成長因子との関係

3 総合考察

以上のように、〔激害〕（および〔中害+激害〕）は林分の成長とともに増加する傾向にあり、最も相関の高い特性として胸高直径があげられた。また、今回調査した環境要因と被害率との間には、有意な関係は認められなかった。

林分の成長と漏脂病被害（本報の〔激害〕相当）との関係について調査した既往の報告（1, 6, 14, 15）では、すべての成長に関する特性と被害率との間に正の相関が認められている。また、福井県嶺北地方において被害程度を3区分して40林分の調査を行った今井ら（1）は、林齢との相関が「激害率」で正の相関、「中害率」および

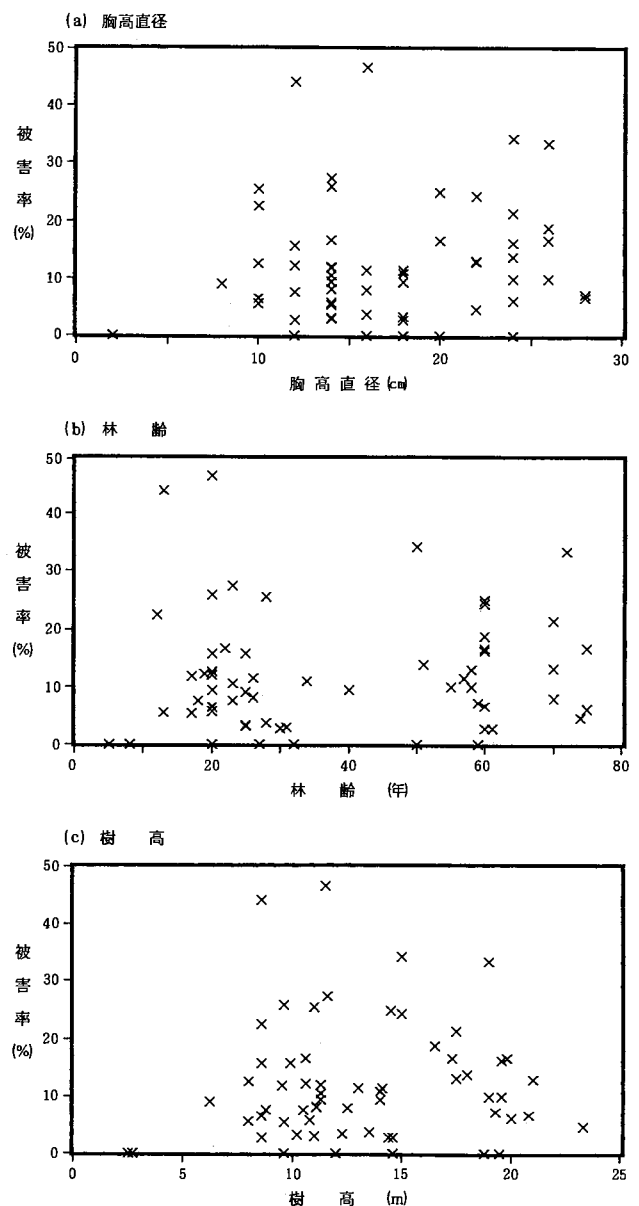


図-5 被害率〔中害+激害〕と成長因子との関係

「微害率」（それぞれそのランクのみの本数比）で負の相関が認められたことを報告しており、本報とほぼ同様な結果となっている。これらのことから、枯損や除間伐等による漏脂病被害木の選択的な本数減少はさほど多くなく、本報の区分における激害のような実害レベルの漏脂病被害木は林分の成長とともに増加して行く傾向にあると言える。

また、岩手県全域の30年生以上のヒノキ林85調査区において被害率と林齢、胸高直径との関係を調査した外館ら（6）は、林齢とは相関が認められなかったが胸高直径とは相関が認められたと報告しており、本報と類似した結果となっている。外館らは「漏脂病被害が「幹の陥没」という外観

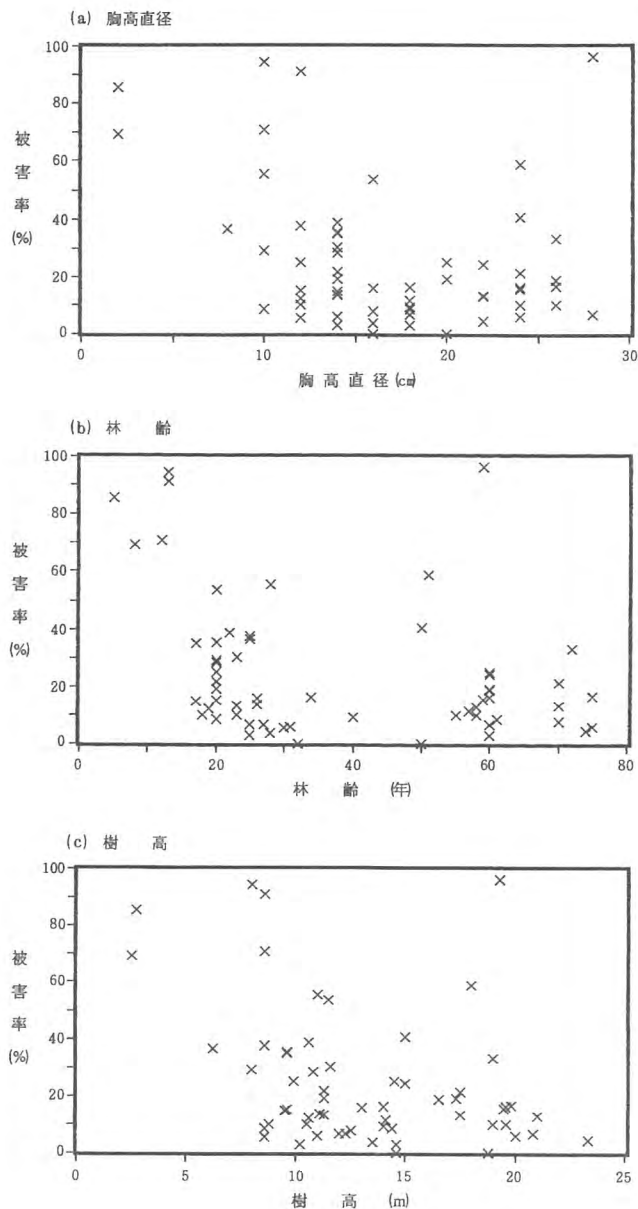


図-6 被害率〔微害+中害+激害〕と成長因子との関係

的症状に発現するのは、林齢や成長の良否ではなく、幹の太さに関係していることが考えられる。」と述べている。今回激害の定義とした「著しい樹幹の変形」は、肥大成長の停止した患部周囲の成長が良好なほど明瞭になってくるであろう。胸高直径と被害率との相関が最も高くなるのは、そのためかも知れない。

環境要因と漏脂病被害の関係については非常に多くの報告があり、必ずしも一致した見解が認められているわけではない。最近のとりまとめ(4, 8)によると、多くの報告で一致した見解として、生育が良好な立地条件で被害が大きくなるという。このことは上述の肥大成長と被害率との関係と同

様な理由によるものとも考えられる。今回の調査で立地環境と被害程度との間に関係が認められなかったのは、土壌型で見ると、B_D(d)型とB_D型が大部分で、土壌条件の悪い林分の調査例が少なかった(表-2)ことも影響しているのかも知れない。今後、本県における漏脂病に影響する環境要因を明らかにするには、同様な調査法で全県的な傾向を把握するとともに、今回調査対象としなかった他の環境要因についても検討する必要がある。

引用文献

- (1) 今井三千穂・畑野健一：福井県嶺北地方におけるヒノキ漏脂病について. 35回日林中支論；193~198, 1987
- (2) 石田 清・杉浦孝蔵・清水正明：多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(Ⅱ) —小松市森林組合管内のヒノキ人工林の生育状況— . 98回日林論；329~331, 1987
- (3) 川端幸蔵：単回帰分析. 応用統計ハンドブック, 91~119, 養賢堂, 1989
- (4) 小林亨夫・林 弘子・窪野高德・田端雅進・伊藤進一郎：ヒノキ漏脂病に関する病原学的ならびに病理学的研究 I 病原菌の探索・分類と病原性. 森林総研研報357；51~93, 1990
- (5) SOKAL, R. R. and ROHLF, F. J.：生物統計学(藤井宏一訳). pp, 共立出版, 1973
- (6) 外館聖八朗・作山 健：岩手県におけるヒノキ人工林の漏脂病被害と成長. 岩手県林試成果報告22；23~61, 1989
- (7) 杉浦孝蔵・石田 清・清水正明：多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研究(Ⅰ) —小松市森林組合管内のヒノキ人工林の現況— . 98回日林論；325~327, 1987
- (8) 鈴木和夫・福田健二・梶 幹男・紙谷智彦：ヒノキ・ヒノキアスナロ漏脂病の発生機序. 東大農演報80；1~23, 1988
- (9) 田中 豊・垂水共之・脇本和昌：パソコン統計解析ハンドブック(Ⅱ)多変量解析編. 403pp, 共立出版. 1984
- (10) 田中 豊・脇本和昌：多変量統計解析法. 296pp, 現代数学社. 1983
- (11) 脇本和昌・垂水共之・田中 豊：パソコン

統計解析ハンドブック（Ⅰ）基礎統計編. 308pp,
共立出版. 1984

(12) 矢田 豊：ヒノキ・アテ漏脂病の被害実態
に関する研究（Ⅰ）—樹脂流出状況の季節変化—.
石川林試研報19；13～18, 1989

(13) 矢田 豊・石田 清・杉浦孝蔵・清水正明：
多雪地帯におけるヒノキ人工林の造成に関する研

究（Ⅲ）—漏脂症の発生状況—. 99回日林論；
533～534, 1988

(14) 山谷孝一・加藤亮助・森麻須夫・後藤和秋：
東北地方におけるヒノキ人工林の生育状態と造林
上の問題点. 林試研報325；1～96, 1984

(15) 余語昌資・三浦哲夫・遠田暢男：ヒノキの
枯死原因. 林試秋田支研究時報4；41～43, 1952