

芦生演習林人工林調査 II

－ヒノキ人工林における調査地設定時の林況と5年後の成長－

安藤 信・中根 勇雄・川那辺 三郎

Studies on the growth of planted stands in
Kyoto University Forest in Ashiu II

－Stand condition at the setting of study area in planted Hinoki
(*Chamaecyparis obtusa*) forest and growth of stands for 5 years－

Makoto ANDO, Isao NAKANE and Saburo KAWANABE

要 旨

京都大学芦生演習林のヒノキ人工造林地内に、標高、地形を考慮した19個所の永久調査区を設け、ヒノキ造林木の成長に関する調査を継続して行うことにした。設定時と5年後の調査から次のようなことが明らかになった。

1) 芦生演習林のヒノキ造林地は主に天然生のスギを多く含んだ林分が多かった。スギは若齢の林分では直径階の低い部分に多く、高齢林分では各直径階に分散し、特に林分の最上層を形成している場合が多かった。

2) D-H曲線は各林分で経時的に変化し、上位木の直径が10~20cmの林分では曲線の傾きが急で、20cm以上の林分では頭打ちの傾向がみられた。芦生のヒノキの最大樹高は20m前後でスギに比べて低かった。

3) 林齢20年以上の造林地は低標高地の斜面下部に植栽されているところが多くこのような林分では地位3以上の良好な成長を示した。

4) 高標高地の斜面上部の成長については調査林分が若齢のため詳細な結果は得られなかった。しかし林齢が60年前後の標高差が265mある2林分の比較から、高標高地の斜面下部では樹高成長は低下するが、直径成長、蓄積にはそれほど差がみられなかった。さらに同林分の斜面中腹では樹高成長に加え、直径成長、蓄積の低下が著しかった。

5) 材積成長率は林齢20年までに急激に低下し、20年生林分で年10%、それより高齢の林分では徐々に低下し、林齢60年前後の林分では低標高地の斜面下部で2%、高標高地では斜面下部で3%、斜面中腹で5%強となった。

6) 林齢15年までの林分では立木本数の減少が著しく、その主たる原因は折れ、倒れといった雪害によるものであった。

7) 本演のヒノキ造林地には間伐を必要とする林分が多く認められ、林齢20年前半の林分から被圧木は増加し、林齢30年から高齢の林分では被圧が直接的な原因で自然枯死する個体が多くみられた。

8) クマによるヒノキ樹皮の剥害は林齢が20年以上の林分で現れ始め、林分によって被害の程

度が異なった。被害が大きい若い林分では被害木は胸高直径8～18cmの上位木に集中し、枯死に到るものもみられた。

1. は じ め に

京都大学芦生演習林では昭和56年度からスギ (*Cryptomeria japonica*), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*), その他の針・広各樹種の人工林の成長量調査を始めた。前報¹⁾では芦生演習林の人工林施業の歴史とスギ人工林の調査地設定時の林況について報告した。その中で、当地では植栽樹種の90%以上がスギで、その他の樹種が占める割合は低いと述べた。しかしヒノキ造林地の成長量調査は演習林の林況を把握し、造林地の成長を予測し、隣接地を含めた多雪地、高標高地のヒノキ植栽の是非を判断する資料を提供する意味においても重要と考えられる。本報では芦生演習林のヒノキ植栽の経緯と、昭和58年度のヒノキ人工林調査地設定時と5年後の再調査時のデータをもとに芦生におけるヒノキ林の成長と問題点について述べることにする。

調査は芦生演習林造林班と研究室が主体となって行ったが、本論文作成にあたり貴重な資料の提供と助言を頂いた京都大学演習林和田茂彦教授、鳥取大学乾地研玉井重信教授、京都府農林水産部林務課松谷茂技師、ならびに多大の援助助言を頂いた演習林教職員各位に対し、ここに記して感謝の意を表する。

2. 調査方法および調査地の概況

芦生演習林(京都府北桑田郡美山町芦生)は京都府の北東端部、福井、滋賀両県に接した由良川の上流域に位置し、標高355～959m、分布特性からみた森林は天然生のスギの混じる温帯落葉広葉樹林と暖帯落葉広葉樹林の推移帯にあたる^{2) 3)}。地形は全体に急峻で標高700m以上の由良川最上流部は準平原状となり尾根部から沢部への斜面長は短い。土壌は褐色森林土でおおわれているところが多いが、一部高標高地の尾根部にはボドゾルがみられる⁴⁾。標高363mの事務所構内の年平均気温(9時観測)は11.0℃、年降水量は2370mm、最大積雪深は1m前後(最近15年間の集計より)、標高640mの長治谷では平均気温は2℃低く、降水量は400mm前後多くなり、積雪は2mを超える⁵⁾。

芦生演習林において現在登録されている人工林面積は約250ha、ヒノキはそのうち約10haである。最も古いヒノキ造林地は昭和2年植栽のもので、ひとつは低標高地の事務所構内、もうひとつは標高640mの長治谷実習施設に近い比較的高標高地に植栽されたものである。その後、戦前期から昭和30年まではほとんど低標高地の由良川本流沿いや旧作業所周辺の斜面下部に植栽され、スギ以外の樹種の植栽を試験的、見本林的な目的で試みたものと思われる。昭和30年代半ばから奥地林の開発にとともに小面積ながら高標高地での植栽が始まり、40年代後半には植栽面積が急増する。このような場所ではスギとの部分的な植栽あるいは混植、また当地の尾根部に集中的に分布する伏条性の天然スギ^{1) 6)}と混交する場合が多い。この時期の植栽地は補植率も高く、多雪地での生育が困難なため植栽は一時中断した。その後、昭和50年代後半から主に林内に自生するヒノキ種子から養成した苗による植栽が試みられている^{7)～9)}。

調査は事前に机上で植栽年度、地形、標高の異なる造林地を選別し、現地でヒノキの混交率が

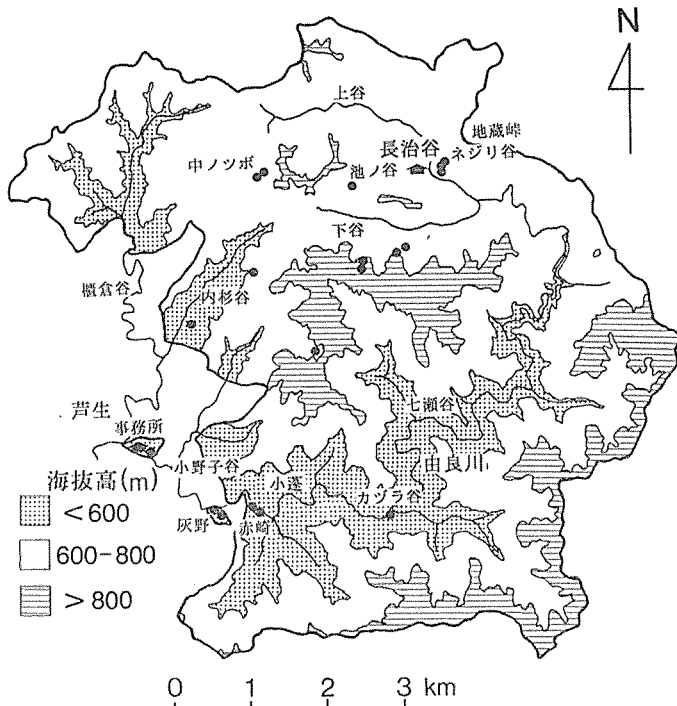


図-1 調査地位置図 (その1)

表-1 ヒノキ人工林調査区の概況

調査区 番号	林齢 (年)	標高 (m)	方位 (°)	傾斜 (°)	地形	調査 面積 (m ²)
128-2	57	375	S30W	33	斜面下部	754.8
35-1	57	640	S	27	斜面下部	356.4
35-2	57	670	S	24	斜面中腹	365.4
35-3	57	700	S20W	14	斜面中腹	388.1
81-1	53	400	N30E	36	斜面下部	323.6
81-2	53	430	N	43	斜面下部	292.5
186-1	46	405	N20E	36	斜面下部	323.6
283-1	29	440	W	38	斜面下部	315.2
290-1	27	405	N50E	39	斜面下部	310.9
319-1	22	785	S60E	22	尾根	370.9
10-1	17	440	S40W	28	斜面中腹	353.2
350-1	16	715	N40W	37	斜面中腹	319.5
370-1	12	780	N30W	29	尾根	349.8
370-2	12	850	N20E	33	斜面中腹	335.5
376-1	10	880	N70W	18	斜面上部	380.4
376-2	10	865	N45W	40	斜面上部	306.4
402-1	2	740	N10E	34	斜面下部	331.6
402-2	2	730	N40W	38	斜面下部	315.2
404-1	1	795	N20W	36	斜面中腹	323.6

高く、できるだけ広葉樹が混交しない部分に19個所の調査区を設定した(図1, 9)。調査区は基本的に斜距離で20×20mとしたが、林分状況によって10×40mとしたところもある。また今後植栽木の成長により面積拡大の必要が生じた場合には斜面下部左隅を基点に拡大することとし、設定時に調査木が大径で樹高が高い1調査区では30×30mとした。調査区中央で標高、斜面方位、傾斜を測定し、地形を記載し、調査木の個体識別番号をつけた。昭和58年度には樹高1.3m以上の全木の胸高直径(D_{1.3})と地上高0.3mの直径(D_{0.3})、各調査区20本程度の樹高(H)の測定を行った。5年後の昭和63年度には胸高直径は地上1.2mと1.3mの2

箇所、樹高測定木のD_{0.3}測定を行った。樹高が1.3mに達しない若齢の調査区では設定時は全木のD_{0.0}、D_{0.3}、Hの測定を行い、再調査時にはD_{0.0}、D_{0.3}測定とした。また個々の調査木の形状、クマなどの動物害、雪害などの気象害、被圧木など、気がつくことを記録した。調査区によって混交したスギ、アスナロ(*Thujaopsis dolabrata*)については全木、広葉樹(クリ *Castanea crenata*)については対象林分の成長に影響すると思われるもののみ、ヒノキに準じた測定を行った。各調査区の表示は造林台帳番号と、同一造林地内での人工林調査区数よりつけた。その他調査方法の詳細については前報¹⁾を参照されたい。

個々の調査区の概況を表1に示した。ここで林齢は設定時の昭和58年度を基準に換算し、秋植えのものは次年度植栽と考えた。標高、地形は現地で記録したものを机上で1/5000の地形図と造林図で補正して示した。調査区は設定時の林齢にして60年までの造林地で、17年以上の

林分では低標高地の斜面中腹から下部のところが多いが、それより若齢の調査区はすべて標高700m以上で、斜面中腹と尾根部が多かった。傾斜は20°以下のところはほとんどなく、30～40°の比較的急峻なところが多かった。

3. 結果および考察

1) 調査林分の概況

各調査区の設定時(1983)と5年後(1988)の調査結果の集計を表2に示した。本数の項では全本数と樹高が1.3m未満のものを分けて示した。1983年調査時に林齢1、2年の404-1、402-1、

表-2 ヒノキ人工林調査集計表

調査区 番号	本数 本/ha		胸高直径 cm		樹高 m		断面積合計 m ² /ha	
	1983	1988	1983	1988	1983	1988	1983	1988
128-2	742	729	29.4	30.9	19.8	20.6	55.2	59.5
	649	636	27.2	28.6	19.3	20.2	38.7	41.7
35-1	1207	1150	24.4	26.2	15.7	17.3	59.6	65.0
35-2	1259	1259	16.2	17.7	8.97	9.72	28.3	33.9
35-3	1417	1417	14.6	15.8	8.38	9.56	26.3	30.7
	1391	1391	14.6	15.8	8.38	9.56	26.3	30.7
81-1	1638	1638	19.6	20.6	14.8	15.8	54.9	60.5
	1422	1422	19.2	20.0	14.6	15.5	45.7	49.9
81-2	1265	1265	21.2	22.4	16.3	17.1	51.3	56.9
	991	991	19.9	21.3	16.1	16.9	33.4	38.4
186-1	1298	1143	21.7	24.4	14.0	16.5	57.1	63.3
	989	834	21.5	24.6	13.8	16.9	39.2	42.1
283-1	1808	1777	15.3	16.2	11.3	12.6	36.1	40.1
	1745	1713	14.9	15.9	11.0	12.4	33.1	37.1
290-1	1737	1383	15.5	18.8	11.1	13.3	36.1	41.7
	1705	1351	15.4	18.6	11.1	13.3	35.0	39.8
319-1	2669	2319	12.5	14.8	7.89	8.99	37.1	45.2
	2453	2130	12.3	14.9	7.66	8.89	31.1	39.5
10-1	2265	1954	11.3	14.4	7.85	9.85	25.8	34.8
	1897	1586	10.1	13.1	7.16	9.15	16.6	22.8
350-1	2660	2222	8.0	10.6	4.93	5.95	14.6	21.5
	1628	1283	8.4	11.6	5.36	6.57	9.6	14.3
370-1	2773 (86)	2630 (29)	4.2	6.8	3.11	4.03	4.6	10.8
	1458 (86)	1315 (29)	5.3	8.2	3.74	4.82	3.4	7.3
370-2	1967	1788 (30)	6.5	9.3	3.59	4.73	7.2	13.1
	1431	1282 (30)	7.3	10.2	3.79	5.04	6.2	10.9
376-1	1525	1498	5.1	9.0	3.22	4.78	3.5	10.1
	631	605	5.3	9.2	3.27	4.65	1.4	4.0
376-2	3198 (163)	3035 (33)	2.7	4.7	2.26	3.08	2.5	6.6
	816	751 (33)	3.2	6.2	2.51	3.72	0.7	2.3
402-1	1236 (1236)	875		1.3	0.68	2.14		0.1
	1236 (1236)	875		1.3	0.68	2.14		0.1
402-2	1904 (1904)	1428 (32)		2.2	0.76	2.53		0.6
	1777 (1777)	1332 (32)		2.2	0.78	2.58		0.6
404-1	2565 (2565)	1761 (309)		1.6	0.56	2.30		0.3
	2565 (2565)	1761 (309)		1.6	0.56	2.30		0.3

* 他の樹種が混交している場合は各調査区集計の下段にヒノキのみの値を示した

* () 内の数字は測定木のうち樹高が1.3mに満たないものを示した

-2では全調査木が樹高1.3mに達していなかった。1988年には402-1, -2ではほとんどのものが1.3mを超えたが、404-1ではまだ20%弱のものが達していなかった。芦生のヒノキ造林地では植栽木が樹高1.3mを超えるのに約6年の歳月を要した。5年後の林齢が17年の370-1より若い調査区では樹高が1.3mに達しないものがみられるが、これは雪害などで折れたもの、あるいは樹高成長を著しく阻害された個体である。胸高直径、樹高、断面積合計は樹高1.3m以上の調査木の平均および集計とし、402-1, -2, 404-1は設定時に全木の樹高を測定したため樹高はその値を示した。それ以外の調査区および再調査時の402-1, -2, 404-1では全木の樹高測定は行っていないため、後述のサンプル木のD-H関係から求めた推定値を実測値に加えて算出した。また各調査区でヒノキ以外の樹種の混交が多く、表の上段に調査区内全調査木の集計値を、下段にヒノキのみの値を示した。図2に5年後の全調査木の胸高直径の度数分布を示した。以下、1988年の再調査時の結果を中心に、各林分の記録^{7)~9)}を加え、調査区の林分状況の概説を行うことにする。

5年目の調査時点で林齢6, 7年の404-1, 402-1, -2では、立木本数は設定時から404-1で31%, 402-1で29%, 402-2で25%減少し、402-1では1000本/ha以下となった。直径の度数分布は3調査区ともにL型、あるいは逆J型を示し、胸高直径は2cm前後、樹高は2m50cm前後、402-2ではわずかにスギが混交した。

林齢15, 17年の370-1, -2, 376-1, -2では5年間の立木本数の減少率は10%までと低く、林分全体に比べてヒノキの本数減少率がやや高かった。直径の度数分布はピークが高い正規分布型を示した。4調査区ともにスギが混交する割合が極めて高く、376-2では設定時、5年後ともに全体本数の75%前後、低い370-2でも28%前後がスギであった。370造林地はスギは1%以下のヒノキ主体の造林地であるが、その後2回にわたり植栽時本数に対して14%のスギの補植が行われている。また376造林地は植栽時にスギ70%, ヒノキ30%の造林地で、植栽年の秋と翌年に合わせて20%と、両造林地ともにやや高率のスギの補植が行われている。一方、芦生では高標高地の尾根部に天然性のスギ稚樹が多く、混交するスギのうちその形状から設定時に天然木と判断されたものは370-1で64%, 370-2で61%, 376-1で12%, 376-2で33%であった。またスギは370-1, -2では直径分布の径級が低い側に偏り、376-1, -2では各直径階に存在した。以上から370-1, -2ではその多くが天然木と考えられ、376-1, -2では天然生の稚樹の混交もみられるが植栽されたものも多いと考えられる。林分全体では胸高直径は10cm、樹高は5mまで、ヒノキのみの集計ではやや高い値を示した。

林齢21, 22, 27年の350-1, 10-1, 319-1は立木本数は1954~2319本/haと芦生のヒノキ造林地としては比較的多かった。5年間の本数の減少率は10~20%で、再びやや高くなり、ヒノキの枯死率が高かった。直径の度数分布は前述の調査区に比べてピーク時の高さがやや低い正規分布型を示し、350-1ではスギが直径階の低い側を中心に40%前後混交した。350造林地はスギの造林地に一部ヒノキが植栽されたもので、植栽時のヒノキの割合は8%と低い。しかし翌年植栽時のヒノキ本数に対して40%のヒノキの補植を行っている。混交するスギは現地調査で73%が天然木と判定された。10-1は大正15年植栽のアスナロ造林地に補植という形でヒノキが植栽されたもので、調査区はヒノキの割合の高い部分に設定した。直径階の高い部分に20%以下のアスナロが混交した。391-1は直径階の低い側に天然生のスギがわずかに混交した。3調査区の胸高直径は10~15cm、樹高は10mまでである。ヒノキのみの集計値はアスナロを含む10-1では低い値となったが、2調査区ではやや高い値を示した。

林齢32, 34年の283-1, 290-1両調査区は設定時には林分全体の立木本数、ヒノキの割合はほとんど変わらない林分であった。しかし5年間で290-1では径級の低いヒノキの本数が減少し、その結果、胸高直径、樹高の平均値は大きくなった。283-1では本数の変化はほとんどみられなかつ

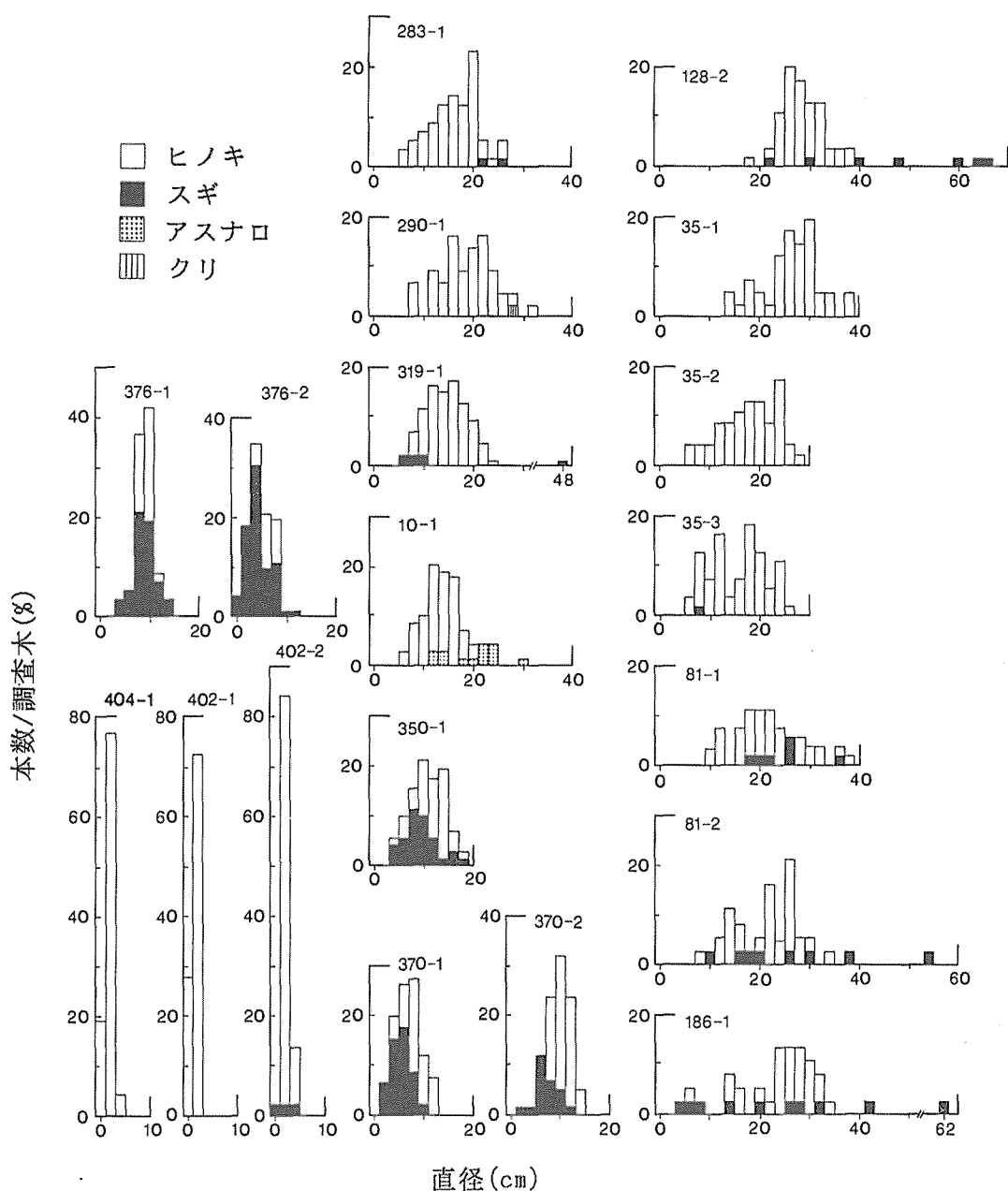


図-2 調査木の直径階分布 (1988)

た。両林分ともに直径は15~20cm, 樹高は15mまでで, 直径の度数分布は正規分布からやや崩れてくる傾向がみられた。283-1ではスギ, 290-1ではクリが直径階の高い部分にわずかに混交し, 調査時にともに天然木と判断された。

林齢51, 58年の81-1, -2, 186-1では直径階の分布範囲がかなり広くなり, 81-2, 186-1は各直径階でスギが混交した。81, 186造林地ともにスギの植栽の記録がなく, 天然木と判断された。

186-1では5年間にヒノキの小径木の本数減少がみられ、81-1、-2では本数に変化はみられなかった。直径は20~25cm、樹高は15mを超えた。

林齢62年の128-2、35-1、-2、-3では各林分によって状況は異なった。直径の度数分布は128-2では正規分布から変形して、直径の低い側では分布が急に少なくなり、高い側では徐々に減少していく傾向がみられた。35-1ではほぼ正規分布型を示し、35-2、-3では両林分に比べ直径階は低く、35-3では直径分布に連続性が欠けていた。128造林地は同齢のスギ、ヒノキ植栽地で調査区内の胸高直径40cm以上の大径のスギは植栽木である。35-1、-2、-3はヒノキのみの植栽地で、35-3では小径の天然スギがわずかに混交した。斜面下部の35-1は平均直径は26.2cm、樹高は17.3mと低標高地の128-2にやや劣るが、立木本数は多く、断面積合計ではむしろ大きくなった。斜面中腹の35-2、さらに上部の35-3では直径は20cm以下、樹高は10m以下で、35-1よりかなり小さかった。立木本数は増加したが、断面積合計は30m²/haあまりで、上記2林分のはほぼ半分であった。

2) ヒノキ植栽木の枯損とその原因

設定時からの5年間に各調査区で多くの立木本数の減少がみられた。5年後の再調査時に枯死が確認された個体と、樹高が1.3mにいたらなかったもの（以下併せて枯死木と表現する）の設定時における直径階分布と被害状況を図3に示した。ここでは再調査時に記録された各調査木の被害の診断結果を併せて示した。

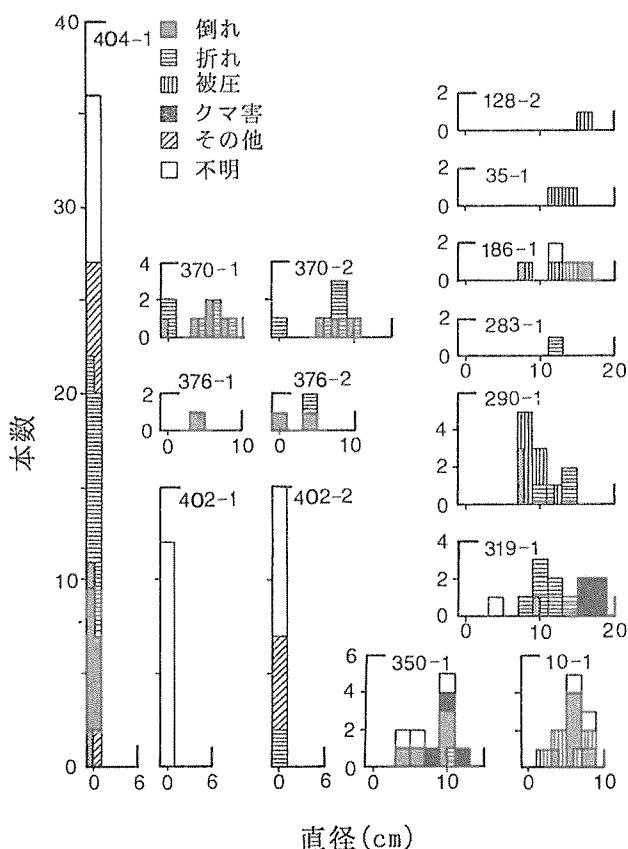


図-3 ヒノキの枯死木の直径階分布と被害内容

被害の診断結果を併せて示した。被害は多くの言葉で表現され、同一個体で診断が重なる場合が多かった。図では枯死の原因となる、または樹高成長を低下させると考えられる項目を倒れ、折れ、被圧、クマ害、その他に分け、記載のないものは不明とした。倒れとは雪害などで樹体が倒伏したもの、折れとは先端部の折れ、枯れ、幹、根元部の折れを示し、クマ害はクマによる樹皮の剥離害で程度にかかわらず一括した。下刈りや除間伐時の手入れによる伐採は他の原因が明らかな場合はその項で示し、不明の場合は、変色、傷、クマ以外の動物害などとともにその他の項に入れた。樹体の曲がりは枯死に直接的な影響は少ないと判断してここでは省いた。

倒れ、折れは当地では雪の沈降圧に起因するケースが多い。調査を開始した昭和58年度は調査が翌年の春先になった調査区が多かった。同年は標高363mの事務所構内で最大積雪深は2mに近づき、観測

史上最大の積雪を記録した¹⁰⁾。そのため特に若い林分では例年以上に倒れ、折れによる枯死も多かったものと推察される。被害は林齢30年までの調査区で多くみられ、本数減少率が最も高かった404-1では枯死木の2/3、370-1、-2、376-1、-2ではすべての枯死の原因と考えられた。林齢がさらに上の林分では、ヒノキの平均直径(1983)(表2)から判断すると、倒れ、折れが原因で枯死したものは各調査区内では平均胸高直径以下の小径のものと考えられた。

被圧が原因と考えられる枯死は設定時の林齢17年の10-1ではじめてみられた。しかし10-1ではヒノキはアスナロ造林地に補植として植栽され、直径階の上位木にアスナロが多いことを考慮すると、林齢27年の290-1より高齢の林分で発生するものと考えられた。林齢57年の128-1、35-1のように高齢林分では被圧木以外で枯死したものはみられず、各調査区で被圧は林分内の直径階の低いものの枯死の原因と考えられる。

クマ害による枯死は350-1、319-1で発生し、林齢20年前後の林分では直径8~18cmの直径階が高いものの枯死原因であった。さらに高齢の林分ではクマによる枯死が発生していないことから、この程度の直径階の造林木が被害を受けると樹皮剥離は幹周囲に及び枯死に至るが、大径木は被害を受けても枯死にいたるものは少ないようである。

その他の項では、林齢がきわめて若い林分では苗の変色、他の動物による食害、下刈り時の伐採がみられた。苗の変色は主に植栽間もない時期の乾燥害によるものと思われる。カモシカなどの動物害、手入れ伐とともに個々の項目としては枯死にいたる割合は低いものと思われる。またこのような若齢林分では調査間隔の5年間に原因不明の枯死の割合も高かったが、前述の倒れ、折れなどの連年の雪害によって枯死したものが多くと考えられ、手入れ時の誤伐の積み重ねも個体数を減少させたものと思われる。

3) ヒノキ調査木の被害状況

1988年調査時の各調査区のヒノキの直径の度数分布と被害状況を図4に示した。被害内容の区分は前述と同様であるが、その他の項には二股などの主幹の損傷に起因するもの、傷、クマ以外の動物害が含まれる。

林齢15年までの調査区では被害は比較的少なく、倒れ、折れ、カモシカと思われる動物害がわずかにみられた。林齢17年の370-1、-2では被害率10%台でやや高くなった。被害の内容は倒れが多く、折れ、傷、二股のものもみられた。この時期までは保育作業にかけける労力も大きく、被害木の多くは雪起しなどによって回復するか、下刈り、除伐によって淘汰されたものと思われる。

林齢21年の350-1では被害率は70%を超え、そのうち44%がクマ害、倒れが24%、これらと被害が重なっているが折れが一部みられた。同調査区では設定時の調査ではクマ害は1本もみられず、この5年間に一気にクマによる被害を受けている。クマ害は胸高直径10~18cmの上位木に集中し、劣勢木にはみられなかった。同様に被害率の高い調査区は林齢58年の81-2で、ここでも被害率は70%、そのうちクマ害は40%を超え、被害木の径級は20cm以上の上位木であった。同林分のクマ害は古く、被害木はその程度によってはその後も成長が優れ、林分内で上位を維持しているようであった。クマによる被害は調査林分によって偏りがみられ、319-1では18%とやや高いが、その他の調査区では10%以下の場合が多く、283-1、128-2のように被害が発生していないところもみられた。

350-1より高齢の調査区では倒れの被害率は10%以下で、林分では劣勢木にみられた。折れはほとんどの調査区で5%以下の低い割合で発生し、倒れ発生木よりはやや直径が大きい林木にみられた。林齢62年の高標高地の斜面中腹にある35-2、-3ではやや発生率が高く、10%前後となった。

被圧木は林齢22年の10-1でみられるようになり、128-2以外の林齢が高い各調査区で10~30%

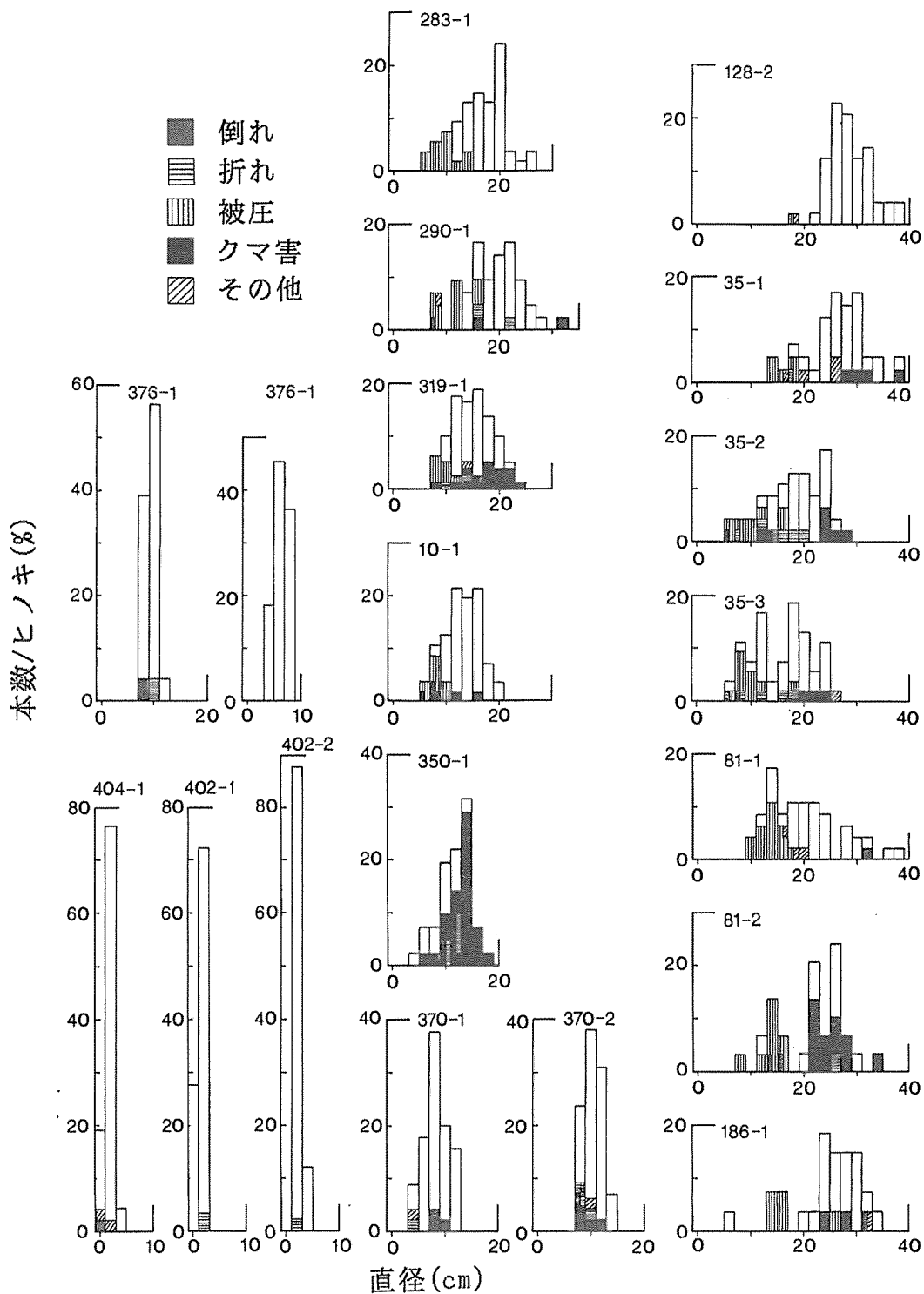


図-4 ヒノキの直径階分布と被害内容 (1988)

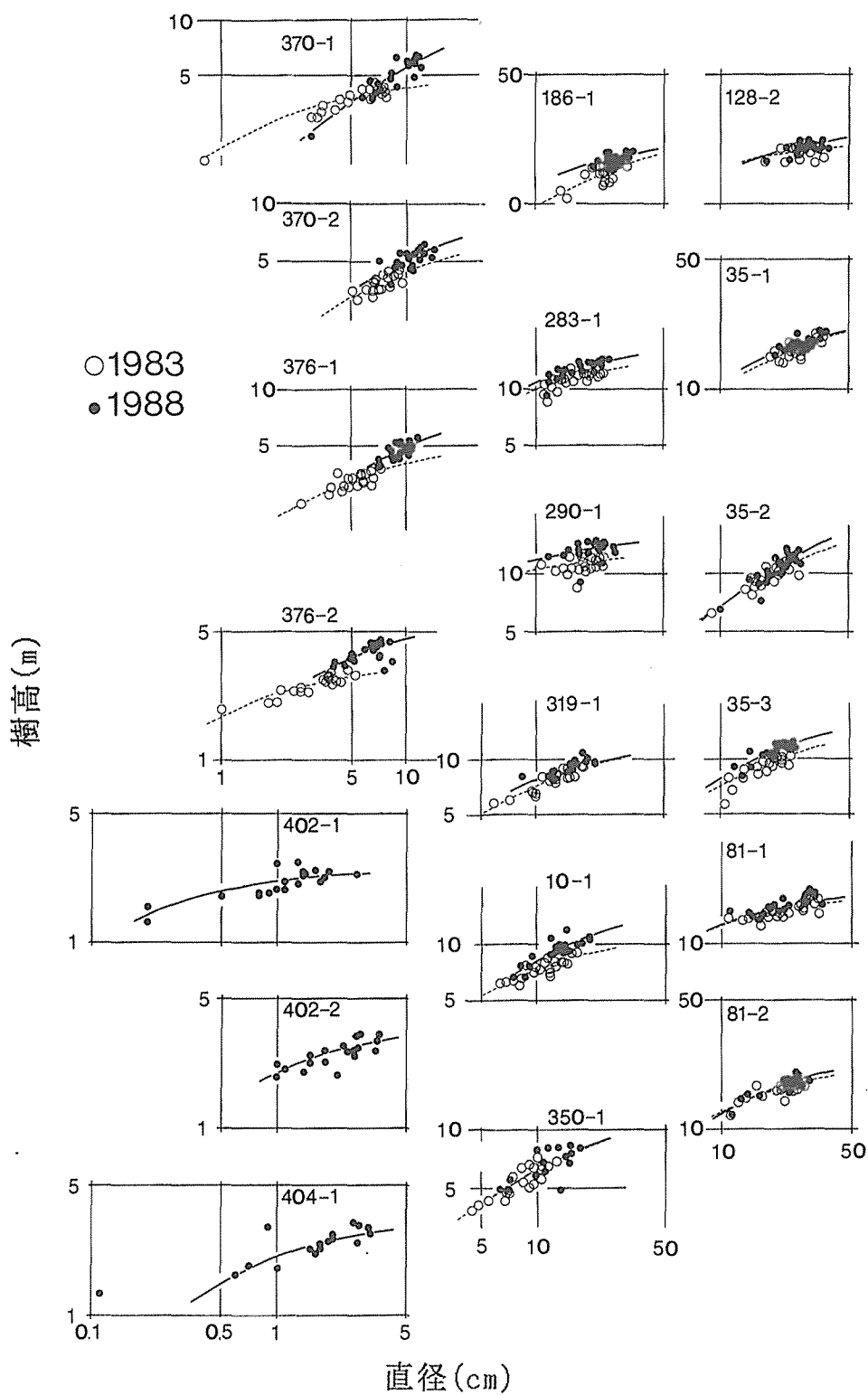


図-5 ヒノキのD-H関係の5年間の変化

の割合でみられ、直径の分布範囲が広い調査区では直径階の下位のものはほとんど被圧木であった。被圧木は倒れ、折れなどと被害が重なる場合が多かった。

4) D-H関係

各調査区のアスナロの胸高直径(D)と樹高(H)との関係を両対数グラフ上に示した(図5)。一般にD-H関係は $1/H = A/D^h + B$ という逆数式で近似され¹⁰⁾、ここでA、Bは定数、hは相対成長係数である。hの値は陽樹では1よりかなり大きく、陰樹ではほぼ1となる場合が多いとされる¹⁰⁾。人工林では下刈り、除間伐で林分内の小径木が取り除かれ、直径階の範囲が狭く、若齢の林分では最大樹高を設定するのは困難である。また人工林では林分を構成する全林木より特に上層木が問題とされる。ここでは便宜上 $h = 1$ として各林分の上層木を考慮して設定時と再調査時の樹高曲線を決定し、得られた各調査区ごとのD-H曲線の各係数を表3に示した。

各調査区の比較から、林齢20年までの林分は5年間に樹高曲線の変化が激しく、50年までの林分では樹高成長がみられるが、さらに高齢の林分ではほとんど樹高成長はみられず、樹高曲線の変化は小さかった。芦生のヒノキ人工林のD-H関係は植栽後間もない時期には樹高差は小さく、胸高直径の上位のものが10cmに満たない林分では直径成長が盛んであった。10cm前後から20cmまでの林分では樹高成長が盛んになり、林分内では個体による樹高差は大きくなり、D-H曲線の傾きが急になった。20cm以上になると上位木の樹高成長は衰え、樹高曲線は頭打ちがみられるようになった。このような傾向は芦生のスギ人工林¹⁾とほぼ同様であるが、スギ林に比べると樹高成長が衰える時期が早く、スギでは最大樹高が30m近くなるのに対し、ヒノキでは20m前後であった。また調査林分が少ないため地形や標高と樹高曲線との関係を示すことは難しいが、同齢の128-2と35-1、-2、-3を比較してみると、128-2では直径が20~40cmの範囲では各個体の樹高差は小さかった。一方、標高が265m高い35-1では上位木の樹高は128-2とほとんど変わらないが径級が低いものは樹高が低くなり、樹高曲線の傾きは急に、平均樹高は低くなった(表2)。また斜面下部の35-1に比べ、斜面中腹の35-2、-3では林分内の樹高差が大きく、D-H曲線の傾きがさらに急になった。同様の直径階分布範囲をもつ林齢30年以上の低標高地、斜面下部の調査林分(図4)と比較してもD-H曲線の傾きは急で、各直径階で樹高がきわめて低いことは明らかであった。

次に各調査区の林分全体の状態を明らかにするために、混交するスギ、アスナロについても同様にD-H関係を求めた。スギ、アスナロともに各調査区ではデータが少なく、単年の調査結果ではD-H曲線を求めることは困難であった。スギは2回の調査結果をまとめて、ヒノキ林の林齢にして7~12年の若齢林分、15~21年の中齢林分、53~62年の高齢林分に分け、アスナロは植栽後60年近いためD-H関係は2回の調査でほとんど変化がないと仮定して両年のデータから樹高曲線を描いた(図6、表4)。

スギのD-H関係は若齢、中齢林分では胸高直径5~10cmの範囲で測定木に重なりがみられたが、若齢、中齢、高齢の各林分で異なった樹高曲線を描いた。若齢、中齢林分では胸高直径はそれぞれ5cm、10cm前後に測定木が集中し、同様の径級のヒノキD-H曲線と比較しても大きな違いはみられなかった。高齢林分ではヒノキのD-H曲線より傾きは急となり、胸高直径30cm以上の大径のものはヒノキより樹高は高くなり、林分内の最上層を形成していると考えられる。アスナロの樹高曲線はほぼ同齢のヒノキ調査地と比較すると曲線の形は高標高地の斜面中腹の35-2、-3と類似し、直径10~30cmの範囲で傾きが急であった。直径30cm前後の比較的大径のものでも樹高は15m前後で、アスナロが混交する10-1では比較的成長のよいアスナロが最上層に、その下に樹高成長が悪いアスナロと成長が優れたヒノキが混じる林分と考えられた。

表-3 各調査区におけるヒノキのD-H曲線

調査区 番号	$1/H = A/D^h + B \quad h=1$			
	1983		1988	
	A	B	A	B
128-1	0.1874	0.0448	0.3188	0.0383
35-1	0.6196	0.0376	0.5249	0.0371
35-2	0.9771	0.0485	1.1113	0.0369
35-3	0.7227	0.0657	0.7232	0.0550
81-1	0.2713	0.0533	0.2897	0.0488
81-2	0.3741	0.0422	0.4456	0.0368
186-1	0.6567	0.0404	0.3653	0.0434
283-1	0.3643	0.0642	0.3735	0.0552
290-1	0.1733	0.0775	0.2086	0.0620
319-1	0.6276	0.0776	0.4815	0.0785
10-1	0.5129	0.0858	0.6750	0.0563
350-1	0.8513	0.0820	0.8563	0.0747
370-1	0.2859	0.2065	1.0215	0.0804
370-2	0.8731	0.1437	0.9657	0.1052
376-1	0.5920	0.1915	0.9212	0.1143
376-2	0.2693	0.2969	0.6227	0.1597
402-1			0.0629	0.4086
402-2			0.2313	0.2758
404-1			0.1916	0.3030

5) 芦生演習林のヒノキ造林地の評価

調査林分の現況を把握し、他地域との比較を行うために京都府よりだされている「ヒノキ人工林収穫予想表および材積

表³⁾を用いて、本演のヒノキ造林地の評価を試みた。ここではヒノキの材積の算出には立木幹材積表-西日本編⁴⁾を用い、混交するスギについては芦生地方スギ立木幹材積表⁵⁾、アスナロは立木幹材積表-西日本編、クリは芦生演習林の天然林立木幹材積表⁶⁾を用いた。

各調査区のヒノキ上層木の平均樹高と林齢の関係、その5年間の変化を図7-1に示した。ここで上層樹高は各調査区300本/haにあたる胸高直径上位木の樹高平均とし、林齢10年未満の林分は省いた。

設定時の林齢が25年を超える林分の調査区は斜面下部に設定されたものが多く、これらの地位はほぼ2~3、林齢50年までの林分ではこの5年間に地位が上位に移行する成長を示す調査区がみられた。さらに高齢林分では5年間の変動はみられないが、低標高地の128-2では最上層にスギが混じっているにもかかわらず地位2を超えた。高標高地の35造林地では斜面下部の35-1は地位は3以上であったが、斜面中腹の35-2、-3は地位5前後であった。林齢が20年前後の350-1、10-1、319-1のうち高標高地尾根部の319-1は地位3に近く、斜面中腹の350-1は地位4であった。アスナロが混交する低標高地の10-1では5年間に地位3から地位2に近づいた。林齢20年以下の若い林分では現在地位5から下限に位置していた。これらの林分では今後の成長とともに林分の地位が明らかになるものと考えられる。

次にヒノキと、混交種がある場合は林分全体の立木材積と林齢の関係を図7-2に示した。本演のヒノキ林分は林齢ごとの地位別適正本数を満たす林分はほとんどみられず、ヒノキ以外の混交種を加えても適正本数を満たしたのは1988調査時で81-1、283-1、319-1の3調査区だけであった。そのため材積は全調査木から算出した。

林齢20年以上のほとんどの調査区でヒノキの材積は地位3以上となり、混交種を除いても比較

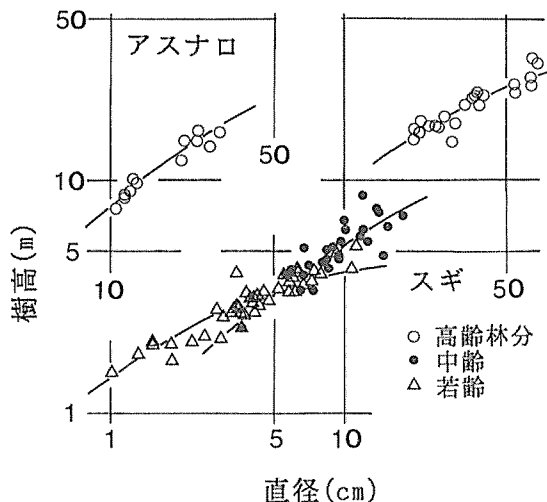


図-6 スギ、アスナロのD-H関係

表-4 スギ、アスナロのD-H曲線

樹種	ヒノキ林齢 (年)	$1/H = A/D^h + B \quad h=1$	
		A	B
スギ	7~12	0.5128	0.1996
	15~21	1.2553	0.0616
	53~62	0.8286	0.0236
アスナロ	17~22	1.0695	0.0231

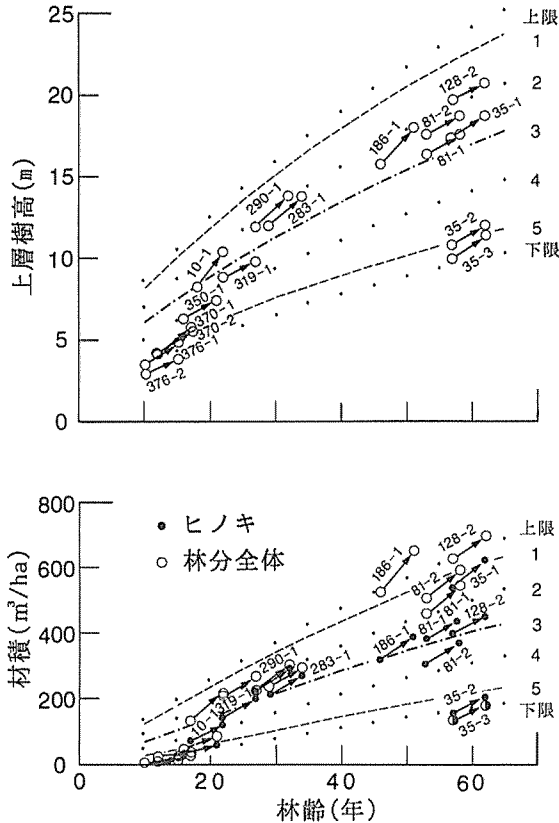


図-7-1 ヒノキ上層樹高の経年変化
7-2 調査林分の材積成長の経年変化

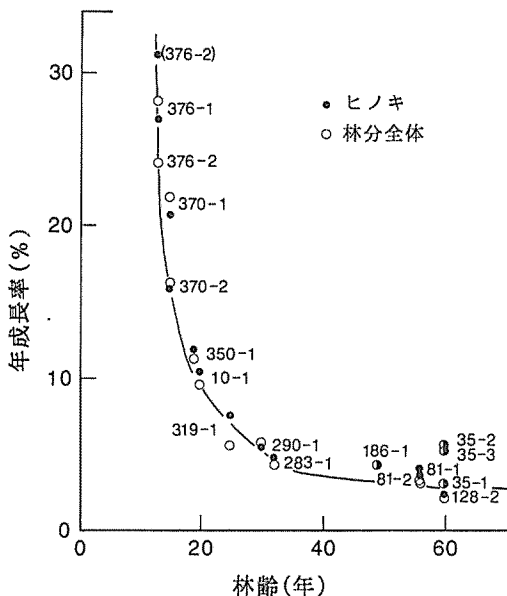


図-8 調査林分の成長率の経年変化

的蓄積は大きかった。上層樹高から地位3と判定された81-2ではヒノキの材積は地位3より低い値となったが、林分全体ではかなり高い値を示し、同林分のようにスギの大径木が上層を形成する(図2)186-1, 128-2では林分全体の材積は特に高い値を示した。35-1は上層樹高は地位2以下であったが、材積からは地位1に近く、35-2, -3では下限に位置した。芦生のヒノキ林分は上層樹高から判断された地位より材積は全体的に高い傾向が示したが、その原因として京都府に比べ直径成長に対して樹高成長が伴わないことが大きく影響しているものと思われた。林齢20年以下の林分では上層樹高同様に現在地位5から下限に位置した。

さらに各調査区のヒノキと林分全体の5年間の平均の材積成長率と林齢の関係を図8に示した。

ヒノキの年成長率は林齢20年以下の若齢林分では林齢が上がるにしたがって急激に低下し、20年で10%、30年では5%になった。最も林分蓄積量の大きい林齢60年前後の128-2では2%となり、同齢の35-1, -2, -3では斜面下部の35-1で3%、35-2, -3では5%を超え、高齢林分では標高が低く、斜面下部の蓄積量の大きい林分で成長率は低かった。林分全体の成長率は高齢林分ではヒノキのみのものと比較してほとんど差はみられないが、上層木にスギが混じる調査区では林分全体の成長率がやや低かった。若齢林では下層にスギが多く、スギの混交比がきわめて高い376-2を除いて、林分全体の成長率が高くなった。

6) 芦生演習林のヒノキ造林地の問題点

本演習林のヒノキ造林地はそれぞれが面積的に小さく、天然生あるいは補植されたスギなどの混交が多く、ヒノキの純林はほとんどみられない。林齢20年以上の造林地は低標高地や斜面下部に植栽されたところが多く、このような造林地では地位3以上の良好な成長を示した。し

かし標高700m前後の斜面中腹の造林地では地位5と成長は悪く、また林齢20年未満の高標高地の造林地が今後どのような成長をしていくかについてはまだ未知な部分が多かった。

林齢15年までの若齢の林分では折れ、倒れといった雪害による被害が多く、急傾斜地では根抜けを起こしているところもみられ、立木密度の低下が著しかった。演習林ではヒノキについては10年以上に及ぶ雪起こしを実施している林分もみられ、樹形の曲がりも多く観察された。近隣の黒河国有林では明治以来ヒノキが植栽されてきたが、ヒノキは林齢20～30年生になるにしたがって成長量が著しく減退し、積雪による被害が大きいことから昭和10年に植栽は中止した。その後スギの造林適地が減少したため、昭和56年度に福井県と滋賀県、そして京都府の県境の野坂山地へのヒノキ植栽の可能性について検討し、一定の条件が満たされる箇所へのヒノキの植栽を再開した。その条件とは1) 植栽地は積雪深は250cm未満。積雪100cm以上では根曲がりなどの雪害、漏脂病の発生が比較的少ないヒノキ人工林の再造林あるいはこのような林分と同様の立地条件と判断される箇所。かつ斜面方位は融雪の早い南向き、南西斜面で傾斜は30°以下のBD、BD(d)型土壌。2) 植栽苗木は植栽地とはほぼ同じ条件下の伐期人工林の優良林分あるいは北陸地方に生立するヒノキ天然木の選抜個体から採種し養苗したものとしている¹⁷⁾。以上の条件について芦生のヒノキ植栽地について再考してみると、現有の植栽地は積雪深、土壌型についてはほぼ条件を満足すると考えられるが、林齢が若い高標高地のヒノキ植栽地には傾斜は30°を超え、斜面方向も北向きのところが多かった。植栽地の選定にはさらに配慮が必要である。植栽苗木については昭和50年代後半には天然更新した山引き苗や林内産の種子から養成した苗の植栽が行われている。これらの抵抗性についてはまだその結果は得られていないが、雪害に対する抵抗性が高い母樹の選抜、さらに若齢広葉樹林内での樹下植栽、下刈り方法の検討など多雪地のヒノキ植栽の保育技術の確立も今後の課題である。

林齢20～30年の林分では旺盛な成長を示し、この時期より林分の地位差が明らかになる。比較的成長が優れた林分内の、成長がよい個体を中心にクマによる剥皮害が発生し、被害木は胸高直径10cm以上の個体に集中した。被害を軽減するためにはクマの生息個体数を減少させるのが最も確実な方法であるが、現在諸般の事情からクマの捕獲は中止し、成長、形状が優れた植栽木の幹周りにテープを巻き付けるなど、被害を軽減する方法を検討している。この時期には冠雪害が心配されるが演習林のヒノキ造林地では劣勢木の折れはみられても、上層木の雪害はほとんどみられなかった。また多雪地でのヒノキの漏脂病^{17) 18)}などの危険も指摘されているが本演ではそのような兆候はみられない。林齢が高くなるにしたがって被圧木が多くなり、30年前後の林分から自然枯死する個体が多かった。被圧木は倒れ、折れなどと被害が重なる場合が多く、このような個体を中心に間伐などによって除去すれば、芦生のヒノキ造林地はクマ害を除いて諸害が比較的少ない林分として管理できるものと思われる。またスギと混交するヒノキ造林地では今後手入れの対象をスギ、ヒノキのどちらに主眼をおくか、選択が問題となろう。

以上、本演におけるヒノキ林の成長とヒノキ植栽の問題点について述べてきたが、スギ造林地と比較して¹⁾それほど大きな違いはみられない。要点は若齢林での雪、そしてクマによる被害防除の方策をいかに立てるかである。植栽地、苗木の選択さえ誤らなければスギと変わらない優良造林地が形成できるものと思われる。

引用文献

- 1) 安藤 信・川那辺三郎・登尾久嗣：芦生演習林人工林調査Ⅰ－スギ人工林における調査地設定時の林況－。京大演報. 57, 93～111, 1986
- 2) 「天然林の生態」研究グループ：京都大学芦生演習林における天然生林の植生について。京大演報. 43, 33～52, 1972
- 3) 安藤 信・川那辺三郎：冷温帯下部天然生林の更新技術Ⅱ－天然生林の林分構造および蓄積の標高、

- 地形の違いによる変化 - 京大演報. 56, 67~80, 1984
- 4) 四手井綱英・堤 利夫・木村隆臣：京都大学芦生演習林の土壌調査（第1報）. 京大演報. 27, 1~19, 1958
 - 5) 安藤 信・登尾久嗣・窪田順平・川那辺三郎：芦生演習林の気象観測資料の解析（1） - 事務所構内と長治谷の観測所の比較解析を中心に - 京大演報. 61, 25~45, 1989
 - 6) 京都大学農学部附属芦生演習林：芦生演習林概要. 1987
 - 7) 京都大学農学部附属芦生演習林：施業年報. 昭和2年~平成元年. 1927~1989
 - 8) 京都大学農学部附属芦生演習林：施業実行簿. 昭和2年~平成元年. 1927~1989
 - 9) 京都大学農学部附属芦生演習林：造林台帳. 大正13年~平成元年. 1924~1989
 - 10) 京都大学農学部附属演習林：演習林気象報告. 10, 29~42, 1987
 - 11) Ogawa H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira : Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant biomass. Nature and Life in SE Asia. 4, 49~80, 1965
 - 12) 小川房人：樹高・胸高直径関係による林型区分の試み. JIBP-PT-F. 43, 3~17, 1969
 - 13) 京都府農林水産部林務課：ヒノキ人工林収獲予想表及び材積表（付. 作成過程）. 1~99, 1984
 - 14) 林野庁計画課：立木幹材積表 - 西日本編 - 日本林業調査会. 84~105, 1977
 - 15) 和田茂彦：樹高測定誤差に関する実証的研究（1）樹高曲線の誤差およびそれが林分材積推定に及ぼす影響について. 京大演報. 45, 99~119, 1973
 - 16) 京都大学農学部附属演習林：芦生演習林立木幹材積表. 1977
 - 17) 大阪営林局計画課：北陸及び近畿地方の多雪地帯におけるヒノキの植栽について - 福井・滋賀県境の野坂山地へのヒノキ植栽について - 昭和56年度地域施業計画樹立のための検討資料. 1~177, 1982
 - 18) 畑野健一：ミニレビュー “ヒノキの漏脂病”. 林業技術. 541, 43~45, 1987

Résumé

To investigate the growth of trees in relation to altitude and topographical factors, 19 permanent study plots were set in planted Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) stands in Kyoto University Forest of Ashiu, located at northern east part of Kyoto Prefecture. The results of the investigation for 5 years were as follows:

1) Many natural Sugi (*Cryptomeria japonica*) trees were included in planted Hinoki stands. Sugi distributed lower in the range of DBH in young planted stands, though it distributed widely in DBH class and formed the upper story in old planted stands.

2) The relation between DBH and height of tree changes with the age of stand. The gradient of the curve is sharp in 10-20 cm DBH class of upper story and become gentle in over 20 cm. Max height of Hinoki tree was lower than that of planted Sugi in Ashiu.

3) The growth of tree height, diameter and total volume on slope and valley at lower area above sea level were mostly better than that on slope at higher area in stands of 20 years and over.

4) Annual growth rate of stem volume of Hinoki stands decreased rapidly by 20 years old and gentle after that. The annual growth rate in stands of 20 years old was about 10 percent. The rate in stands of 60 years old was about 2 percent on slope and valley at lower area above sea level, 3 percent on slope and valley and 5 percent on slope at higher area above sea level.

5) Stand density of young planted forests was remarkably decreased by snow damage. Oppressed trees increased in stands of over 20 years old and smaller trees began to die in stands of over 30 years old. The bark gnawing by the black bear (*Selenarctor thibetanus japonicus* Schlegel) damaged the upper story of Hinoki pole stands of 20 years old and over. The rate of damaged trees was 40 percent and over in severely damaged stands and cruelly damaged trees became to stand dead. There is no effective and concrete method now. We fasten flagging tape round stems in order to protect trees from these damages and examine the effect.

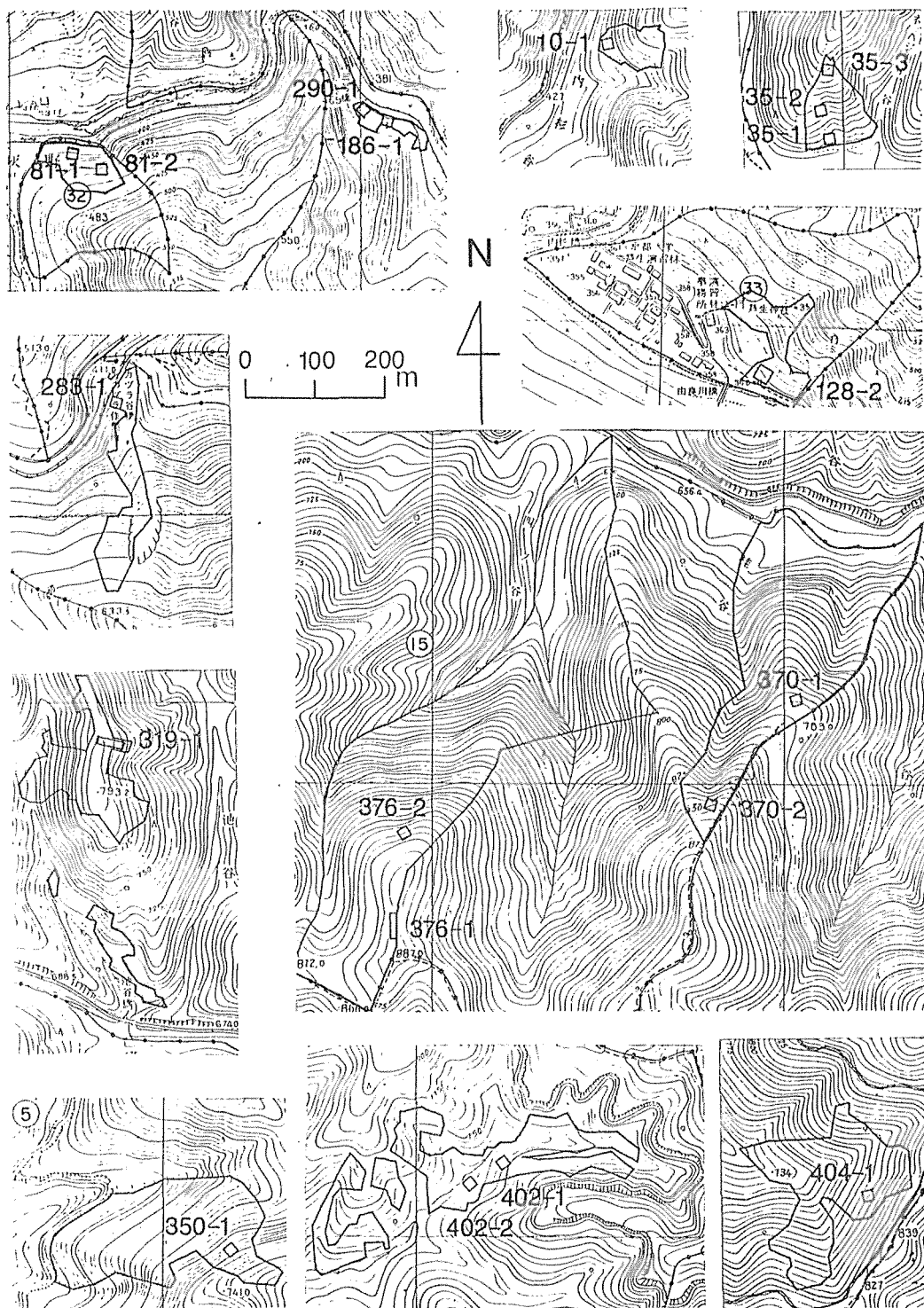


図-9 調査地位位置図 (その2)