

東広島における松枯れの現況と松枯れ跡地の樹木個体群の構造

白築 治枝・根本 玲子・中越 信和

広島大学総合科学部

Dieback of pine forests and the tree population structure in pine wilt disease forests in Higashi-Hiroshima City

Harue SHIRATSUKI, Reiko NEMOTO and Nobukazu NAKAGOSHI

*Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University,
Higashi-Hiroshima, Kagamiyama 739-8521, Japan*

Abstract : We surveyed secondary *Pinus densiflora* forests, widely distributed in Higashi-Hiroshima City. These forests have changed drastically due to heavy damage from pine wilt disease. The aim of this study was to clarify the state of pine wilt disease forest and their population structure. Vegetation data was obtained by the simplified vegetation survey method at 82 plots, each measuring 10m×10m. Detailed vegetation survey data was obtained by complete enumeration and coring in 4 large plots, each measuring 20m×20m. *P. densiflora* mortality was high in abandoned south slope forests. *P. densiflora* existed in 53 plots, almost all of which were in the tree layer. There were only *P. densiflora* in the tree layers of 27 plots. However, it seems that *P. densiflora* could not regenerate in pine wilt disease forests. If pine wilt disease were to progress, the number of immature forests lacking tree layers might increase. Fagaceae (mainly *Quercus serrata*) were considered to be the second dominant tree species because its growth rate was higher than other species except *P. densiflora*. However, about one third of all plots did not have any Fagaceae in their tree and sub-tree layers. Other species (*Ilex macropoda*, *Symplocos lucida* etc.) dominated mainly the sub-tree and shrub layers. Although the ages of these species were old, their growth rates were low. Therefore it seems that pine wilt disease forests become Fagaceae dominant forests. However, if Fagaceae seedlings are in short supply and there are obstructed from taking root, it seems to take longer to become a Fagaceae forest. This is because light reaching Fagaceae is reduced by the canopy of low sub-tree layer species.

Keywords : *Fagaceae*, *Pinus densiflora*, *Pine wilt disease*, *Simplified vegetation survey method*, *Succession*,

はじめに

西日本の森林植生は、古くから人為的攪乱を強く受け、社寺林や屋敷林、植林などを除くとそのほとんどが二次林となっている (伊藤・川里 1978)。そのうち照葉樹林帯では広い範囲でアカマツ

二次林が成立し、里山林として人々の暮らしと深く関わってきた(鎌田・中越 1991)。しかし、燃料・肥料革命によって管理放棄され、また1970年代後半から松枯れが顕著になるなど、アカマツ林の姿は大きく変化している。

アカマツ林が放棄された後、その植生はコナラなどを優占種とする落葉広葉樹林に移行するとされている(鎌田・中越 1990, 1991; Hong & Nakagoshi 1998)。また、松枯れが植生遷移にもたらす影響について、Fujihara (1996) は松枯れが起こることで、アカマツ林からコナラ林への遷移が早まるとしている。また野本ら (1985) は関東地方において、松枯れ林はコナラ、クリなどが優占する林分へ変化するとしている。

しかし、かつてアカマツ林が利用されていた時代でも、アカマツ林は決して一様に管理されていたわけではない。そのため、現在でも多様な二次遷移途中相の林分がパッチ状に点在している。それに加え、現在それぞれの林分が置かれている、立地、水分条件などの自然環境だけでなく、松枯れによる枯死年代も異なる。このため、1林分だけでなく、巨視的なレベルでの調査を行わなければ、植生遷移を加味した松枯れの現況を正しくとらえることはできないと思われる。

本研究では特定の林分から地域レベルにまで調査対象地をひろげた上で、松枯れ林を分類した後、分類区分ごとに林分を1カ所選定し、毎木調査、樹齢解析などの詳細な調査を行い、地域全体での松枯れの傾向や松枯れ後の樹木個体群の変化を検討した。

尚、本研究は平成9年度広島大学総合科学部総合研究「里山の利用・管理の現状と今後のあり方に関する研究」(代表 佐竹 昭教授)及び平成10年度国土緑化推進機構「里山の保全と復旧に関する復元生態学的研究」(代表 中越信和教授)によって行われたものを中心にまとめたものである。

調査地概況

調査対象地は広島県東広島市全域とした。市の中央部の黒瀬川沿いには、標高400m~600mの山地に囲まれた西条盆地が開け、温和な気候と恵まれた平坦な土地条件のため、古くから県下有数の穀倉地帯を形づくってきた。盆地中央部の標高は約200mである。東広島市の市政便覧(1998)によると、東広島市における年平均降水量は、1,518mm、年平均気温は13℃である(1979~1997)。暖かさの指数WIは103.5℃・月、寒さの指数CIは-7.4℃・月であり暖温帯照葉樹林域に属する。地域のほとんどはヤブツバキクラス域に属しており、潜在自然植生はカナメモチーコジイ群集である(Nakagoshi *et al.* 1991)。現在は代償植生のアカマツ林が広く分布し、落葉広葉樹林や植林地が点在している。

東広島市における最初の松枯れ被害は1974年に確認された。被害面積は1980年頃から徐々に拡大し、近年も年被害面積1,000~1,800haの間で推移している(広島県林務部1945年~1998年調べ)。

方 法

アカマツ林の環境条件の把握

アカマツ林分布図の作成

国土地理院1995年撮影の縮尺1:10,000の空中写真を用いて、1:25,000の地形図上にアカマツ林の分布図を作成した(Fig. 1)。松枯れが進行し、アカマツの成木がすべて枯死している林分もアカマツ林として取り扱った。また、松枯れ跡地かそうでないかの判別が、空中写真からは難しい林分については、現地調査により判別した。

表層地質

広島県土地分類基本調査 - 海田市 (広島県 1976)、竹原 (広島県 1985)、可部 (広島県 1984) 及び乃美 (広島県 1972) を用いて、表層地質の凡例を花崗岩、流紋岩、未固結堆積物の3つに統合した。これをもとに東広島市において、アカマツ林が分布している表層地質を確認した。古生層や流紋岩の分布も所々にみられるが、花崗岩が最も広く分布しているため、解析では花崗岩とその他として取り扱った。

管理形態

東広島市における山林の所有形態の特徴として、財産区、生産森林組合、財団法人などに再編された入会林野が分布している点あげられる。中でも財産区有林の面積は広島県の市町村内の中で最大である (山場・中越 1996)。これら人為の影響をはかるため、アカマツ林を管理林と管理放棄林に区分した。今回の調査では、マツタケの収穫時期に入札が行われ、マツタケ生産林としての価値が認められた財産区を管理林、それ以外のアカマツ林は管理が停止した林分であるとみなし、管理放棄林とした。

植生調査

アカマツ林の林分構造を把握するために植生調査を行った。事前に作成したアカマツ林の分布図 (Fig. 1)、表層地質図、財産区分布図などを参考に、一部地域や、特定の管理形態、地質、地形に偏らないよう調査区を設定した。

植生調査は、中越ら (1994) を参考にした簡便法により、実施した。すなわち、この地域でマツ枯れ後に優占するとされるブナ科樹種とアカマツを対象に行った。まず、各調査区において10m×10mのプロットをランダムに設置し、その中に出現する樹種をアカマツ、ブナ科各種及びその他に分類し、これを各階層に分けて植被率のみを測定した。草本層においては、コシダなどの草本類と木本との区別は行わず、すべてをその他として一括した。主要な樹種となるアカマツとブナ科各種に関しては、各階層に存在する本数も記録した。また、アカマツに関しては個体ごとの生死も記載し、以下の式によって累積枯死率を算定した。伐採、搬出が行われた管理林では、切り株の数を枯死木の数とした。

$$\text{累積枯死率} = \text{枯死木の本数} / \text{枯死木と生存木の合計本数} \times 100 (\%)$$

(ただし、枯死木は全階層、生存木は高木層における本数)

また立地のデータとして、標高、方位、傾斜、地形を記録した。このようにして82プロットの植生調査資料を得た。

毎木調査

82プロットの植生調査資料を高木層の状態により分類し、分類ごとにプロットを一つ選定し、実際の植生調査区を含む20m×20mの方形区を設け、毎木調査を行った。アカマツ林の個体群の調査においても、面積が広い方がより正確となるためである。調査対象は中越・和田 (1992) より樹高3m以上の木本個体とし、胸高直径 (DBH, cm) と樹高 (H, m) を記録した。また、樹高8m以上の個体からは成長錐を用いて年輪コアを採取し、幹毎の年輪数を計数した。

すべての調査は1997年6月から1998年11月の2年半の間に行った。

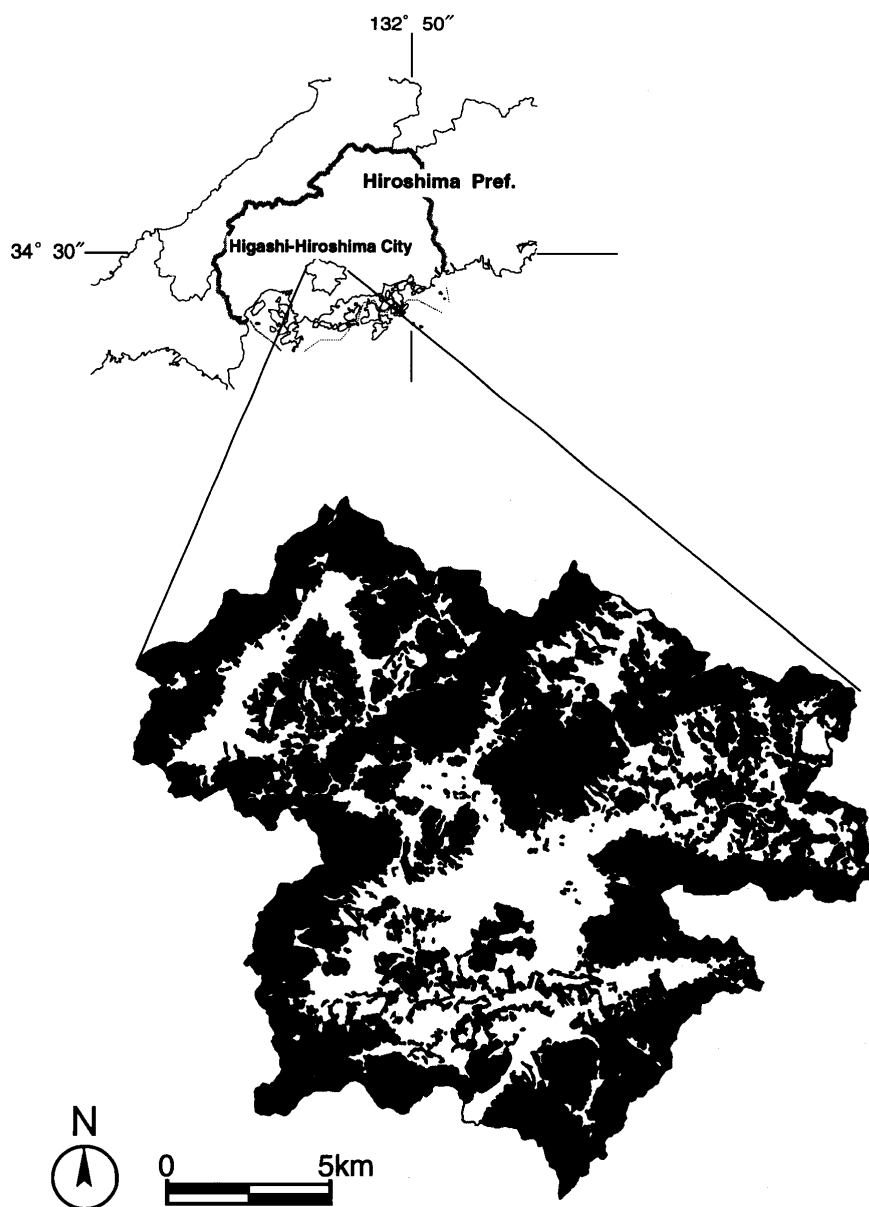


Fig.1. Distribution of secondary *Pinus densiflora* forests in Higashi-Hiroshima City. Shaded area means the pine forests

結 果

枯死率と環境条件

Table1に得られた植生調査のカテゴリ（管理形態、地形、地質、斜面方位）別のプロット数を示す。82プロットにおける管理形態別の内分けは、管理林（19）放棄林（63）であった。地形別で

Table 1. Number of sampling plots in each category

Forest	Geology	Topography	Slope aspect	No. of plots
Managed	Granite	Ridge	N	5
			S	4
		Slope	N	3
			S	5
	Others	Ridge	N	0
			S	0
		Slope	N	0
			S	2
Abandoned	Granite	Ridge	N	10
			S	10
		Slope	N	16
			S	15
	Others	Ridge	N	7
			S	1
		Slope	N	9
			S	5
Total				82

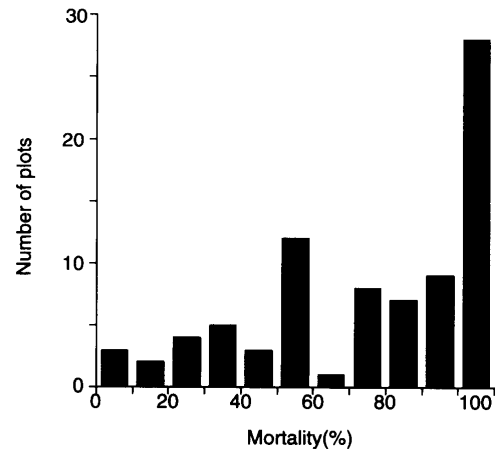


Fig.2. Vegetation in *Pinus densiflora* mortality over a study area.

Table 2. Certification of environmental factor and interaction effect

Environmental factor	DF	Mean square	F value	p value
Revised model	12	1792.68	2.765	0.004
Segment	1	128965.418	198.903	0
S	1	513.421	0.792	0.377
T	1	5358.723	8.265	*0.005
G	1	760.608	1.173	0.283
M	1	7477.87	11.533	**0.001
S×T	1	2108.702	3.252	0.076
S×G	1	617.892	0.953	0.332
T×G	1	74.789	0.115	0.735
S×T×G	1	1514.816	2.336	0.131
S×M	1	728.73	0.199	0.657
T×M	1	440.478	0.679	0.413
S×T×M	1	2101.934	3.242	0.076
G×M	1	963.174	1.486	0.227
S×G×M	0	-	-	-
T×G×M	0	-	-	-
S×T×G×M	0	-	-	-
error	69	648.383		
Total	82			
Revised total	81			

M : Management type *: statistically significant
 T : Topography **: highly statistically significant
 G : Geological conditions
 S : Slope aspect

は尾根 (37) 斜面 (45)、地質別では花崗岩 (62) 花崗岩以外の地質 (20)、斜面方位では北向き斜面 (46) 南向き斜面 (36) であった。

アカマツの累積枯死率は、50%以上が65プロット、90%以上が37プロットであった。枯死率0%のプロットは3個しかなく、アカマツの枯死が広い範囲で起こっていることがわかった (Fig. 2)。

次に、各環境条件とその交互作用が枯死率に与える影響を見るため、SPSS社のSPSS Base 9.0J (1999) を用いて分散分析を行った (Table 2)。枯死率と有意な関係があったのは、管理形態 (P=0.001)、地形 (P=0.005) であり、地質、斜面方位、各環境条件の組み合わせは枯死率に影響

しないことがわかった。

管理形態、地形、地質、斜面方位別の枯死率を Fig. 3に示す。統計はSAS社のStat View 5.0-J (1998) を用いて行った。管理形態別に見てみると、管理放棄林の枯死率に高い傾向が見られ、両者の間に有意な差が認められた (Mann-Whitney U-test, $P=0.005$)。地形別で見ると、尾根よりも斜面の枯死率が高かった (U-test, $P=0.005$)。地質、斜面方位に有意な差は認められなかった。

以上のことから、松枯れを促進する最も大きな環境要因は管理の放棄であることがわかった。

松枯れ跡地の林分構造

Table 3にアカマツ、ブナ科樹種、その他の樹種の出現頻度を表した階層別常在度表の一部を示す。常在度は出現頻度階級I~V (階級値20%) で示した。高木層にアカマツが存在していないプロットをA、存在しているプロットをBとして区分し、さらに高木層にアカマツ以外の樹種が存在している場合を1、そうでない場合を2として下位区分した。なお、4つの区分に当てはまらないプロットが合計3つ存在したが、それらは高木層、亜高木層にアカマツのみ存在する場合、高木層がなく亜高木層にアカマツのみ存在する場合、高木層及び亜高木層が存在しない場合が各1であった。これらの3プロットを除外した79プロットについて解析を行った。

Table 3. Species composition and occurrence of *Pinus densiflora* and Fagaceae species in *P. densiflora* forests

Type*	A		B	
	2	1	1	2
Number of Plot	10	16	26	27
Mean of Mortirity	100	100	57.1	59.1
Mean of Tree layer (T1) Height (m)	0	11.7	12.6	14.3
Mean of Coverage in T1 (%)	0	47.2	52.8	27.0
Mean of Sub-tree layer (T2) Height (m)	8.0	7.1	6.5	8.1
Mean of Coverage in T2 (%)	48.5	42.9	48.0	44.1
Mean of Shrub layer (S) Height (m)	3.5	3.8	3.2	3.4
Mean of Coverage in S (%)	58.2	53.2	56.6	68.1
Mean of Herb layer (H) Height (m)	0.6	0.6	0.6	0.7
Mean of Coverage in H (%)	26.1	27.3	20.8	34.6
<i>Pinus densiflora</i> T1	.	.	V	V
<i>Quercus glauca</i> T1	.	II	I	.
<i>Quercus serrata</i> T1	.	III	III	.
<i>Castanea crenata</i> T1	.	I	I	.
<i>Quercus variabilis</i> T1	.	II	I	.
Others T1	.	*	*	.
<i>Pinus densiflora</i> T2	.	I	I	I
<i>Quercus serrata</i> T2	III	II	III	II
<i>Castanea crenata</i> T2	I	I	I	I
<i>Quercus glauca</i> T2	I	II	I	.
<i>Quercus variabilis</i> T2	I	.	I	I
<i>Quercus aliena</i> T2	.	.	I	.
<i>Quercus myrsinaefolia</i> T2
Others T2	*	*	*	*
<i>Pinus densiflora</i> S	I	I	I	I
<i>Castanea crenata</i> S	I	I	II	I
<i>Quercus serrata</i> S	III	II	III	IV
<i>Quercus glauca</i> S	III	III	III	III
<i>Quercus variabilis</i> S	.	I	I	.
<i>Quercus myrsinaefolia</i> S	.	I	I	.
Others S	*	*	*	*
<i>Pinus densiflora</i> H	.	.	.	I
<i>Quercus serrata</i> H	II	I	II	II
<i>Quercus glauca</i> H	II	II	III	I
<i>Castanea crenata</i> H	I	.	I	I
<i>Quercus variabilis</i> H	.	.	.	I
Others H	*	*	*	*

Occurrence frequency * : Occurrence of other tree species

I: 0~20%

II: ~40%

III: ~60%

IV: ~80%

* Type A: *Pinus densiflora* not exist in tree layer

Type B: *Pinus densiflora* exist in tree layer

Type 1: Other species exist in tree layer

区分の結果、16プロットがA-1、10プロットがA-2、26プロットがB-1、27プロットがB-2に区分された。A-1はマツ枯れによりアカマツが失われた後、残った下層木が発達したものと思われる。A-2はアカマツが枯死した後、高木層を欠いており、下層植生が発達途上の林分であると考えられる。B-1は高木層にアカマツとブナ科、それ以外の樹種が混交しており、管理放棄されてからある程度時間が経過し、遷移が進行した林分であると思われる。B-2は高木層にアカマツのみが存在しており、区分された27プロットのうち、11プロットが管理林で16プロットが管理放棄林であった。アカマツ以外の植生が刈り取り等人為的管理を受けているため、高木層まで生長できない管理林、もしくはそのような林分が放棄されて間もない林分であると思われる。亜高木層以下はA-2がアカマツを欠く以外はどの区分も同じような出現頻度を示した。

アカマツは区分Bの高木層では圧倒的な優占を示すが、亜高木層以下での出現頻度はごく低く、草本層ではB-2の管理林にしか出現していなかった。このことは松枯れ林内でアカマツの更新が起こっていないことを示している。ブナ科樹種の出現頻度をみると、上層から下層までコナラが高く、アラカシは下層で高い頻度を示していた。その他のブナ科樹種はあまり出現していなかった。アカマツ、ブナ科以外の種は、どの階層でも一番高い出現頻度を示していた。

これらアカマツ、ブナ科樹種、その他の種の階層別植被率を見ると、アカマツはその出現頻度と同様に、区分B-1、B-2の高木層以外の植被率はごく低かった (Fig. 4)。ブナ科樹種は、高木層に出現している場合、A-1では全体の5割、B-1では3割程度を占めており、松枯れ林の優占種であることがわかった。しかし亜高木層以下の植被率は急激に低下しており、出現頻度に比べて低い傾向がみられた。その他の種はどの階層でも高い植被率を示していた。すなわちアカマツ、ブナ科と混交

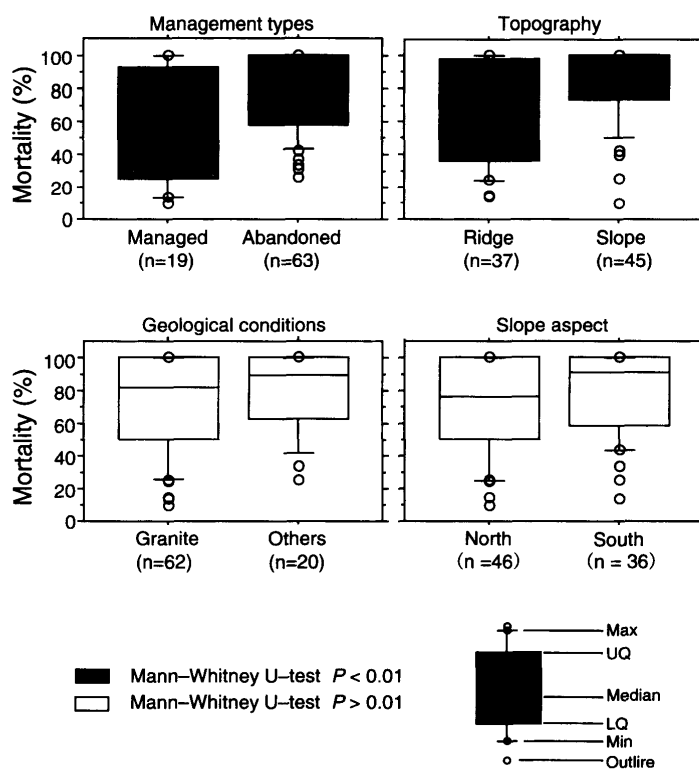


Fig.3. Differences in *Pinus densiflora* mortality between two different levels in each of four environmental conditions.

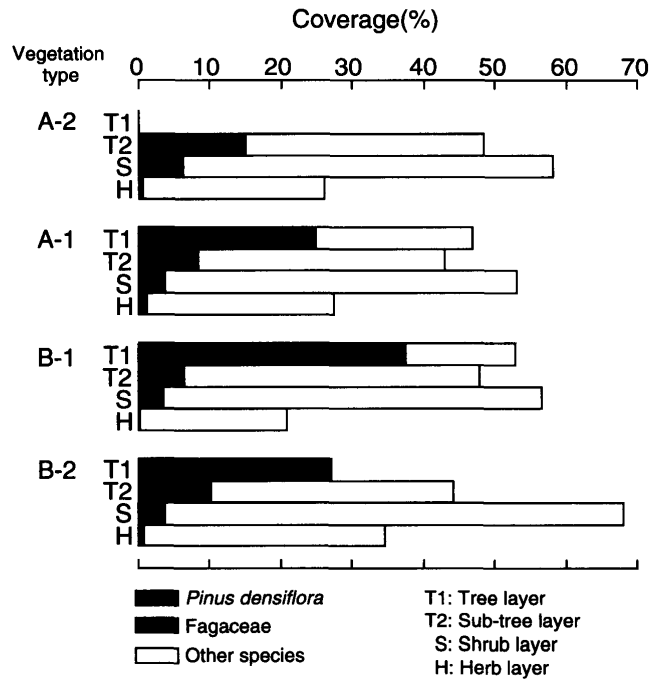


Fig.4. Vegetation coverage by layer.

するB-1の高木層ではやや低かったものの、亜高木層以下では全体植被率の6～8割程度を占めていた。特に低木層での植被率が高いのは、管理放棄後に低木種等の繁茂が起きたためと考えられる。また、他区分に比べB-2における低木層の植被率が高いのは、光環境がよくなったためと思われる。

全区分を通じてみると、亜高木層以下では種構成、植被率ともに同じような傾向を示しており、下層植生は松枯れ後の高木層の状態に左右されないことがわかった。

樹種構成と存在様式

それぞれの区分ごとに行った毎木調査より、それぞれのプロットに出現した種とその個体数をTable 4に示す。プロットの番号は、82植生調査プロットにつけた通し番号で示す。プロット56 (A-1)は管理をやめてから30年程度経過しており、尾根部に存在する。プロット47 (A-2)は20～30年前にアカマツが枯死した放棄林で、斜面下部に位置している。プロット48 (B-1)は斜面中腹に位置している。種数、総個体数ともにプロット48が一番多かった。他プロットに比べ、プロット52 (B-2)は種数、個体数ともに少なく、またブナ科樹種が存在していなかった。このプロットはマツタケ生産を目的に強度の管理が行われており、アカマツ以外の植生が除去されている。したがって種数が9種とごく少なくなったものと思われる。出現種はプロットごとにばらつきがみられ、共通して出現しているのはヒサカキ、ソヨゴ、クロキの3種だけであった。

個体数と胸高断面積から積算優占度 (SDR₂) を求め (沼田・依田 1957)、上位5種を優占種として選定した (Table 5)。ただし、ブナ科樹種は上位5種に入らないものも記載した。林分によって優占樹種は異なっていた。主な構成樹種は、プロット56 (A-1)でクロキ、コナラ、リョウブ、プロ

Table 4. Species composition on survey plots

	Plot no. 47		56		48		52		Total
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	
Vegetation type	A-2		A-1		B-1		B-2		
No. of Species	14		20		27		9		
Mortality of <i>Pinus densiflora</i> (%)	100		100		56.3		25.0		
	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	No.	(%)	Total
<i>Eurya japonica</i>	29	24	32	20	24	9.0	96	58	181
<i>Ilex pedunculosa</i>	8	6.7	6	4	74	27.8	1	1	89
<i>Symplocos lucida</i>	11	9.2	38	24	8	3.0	1	1	58
<i>Pinus densiflora</i>	-	-	-	-	21	7.9	33	20	54
<i>Lyonia ovalifolia</i>	26	22	-	-	15	5.6	-	-	41
<i>Quercus serrata</i>	-	-	8	5	28	10.5	3	2	39
<i>Styrax japonica</i>	19	16	7	4	1	0.4	-	-	27
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	3	2.5	5	3	17	6.4	-	-	25
<i>Clethra barbinervis</i>	-	-	21	13	4	1.5	-	-	25
<i>Evodiopanax innovans</i>	-	-	4	3	20	7.5	-	-	24
<i>Ilex macrospora</i>	8	6.7	9	6	5	1.9	-	-	22
<i>Juniperus rigida</i>	4	3.3	-	-	1	0.4	15	9	20
<i>Rhus trichocarpa</i>	2	1.7	9	6	8	3.0	-	-	19
<i>Rhododendron reticulatum</i>	1	0.8	-	-	3	1.1	13	8	17
<i>Viburnum wrightii</i>	1	0.8	5	3	8	3.0	-	-	14
<i>Ilex crenata</i>	-	-	1	1	7	2.6	1	1	9
<i>Quercus glauca</i>	-	-	3	2	6	2.3	-	-	9
<i>Albizia julibrissin</i>	5	4.2	-	-	1	0.4	-	-	6
<i>Vaccinium bracteatum</i>	-	-	-	-	5	1.9	-	-	5
<i>Pieris japonica</i>	2	1.7	-	-	1	0.4	-	-	3
<i>Castanea crenata</i>	-	-	2	1	1	0.4	-	-	3
<i>Prunus jamasakura</i>	-	-	2	1	1	0.4	-	-	3
<i>Alnus pendula</i>	-	-	-	-	2	0.8	-	-	2
<i>Quercus variabilis</i>	-	-	2	1	-	-	-	-	2
<i>Rhus sylvestris</i>	-	-	-	-	2	0.8	-	-	2
<i>Deutzia crenata</i>	-	-	-	-	-	-	2	1	2
<i>Vaccinium oldhamii</i>	1	0.8	-	-	1	0.4	-	-	2
<i>Sorbus japonica</i>	-	-	1	1	-	-	-	-	1
<i>Alnus sieboldiana</i>	-	-	1	1	-	-	-	-	1
<i>Pourthiaea vilosa</i>	-	-	1	1	-	-	-	-	1
<i>Quercus myrsinae</i>	-	-	-	-	1	0.4	-	-	1
<i>Rhus succedanea</i>	-	-	1	1	-	-	-	-	1
<i>Alnus firma</i>	-	-	-	-	1	0.4	-	-	1
Total	120	100	158	100	266	100	165	100	709

ット47 (A-2)でエゴノキ、クロキ、ソヨゴ、プロット 48 (B-1)でソヨゴ、アカマツ、コナラであった。プロット 52 (B-2)は管理されているため、ほぼアカマツの純林であった。

プロット 56 (A-1)からプロット 52 (B-2)の樹高階分布を各々Figs.5~8に示す。松枯れ後、ある程度時間が経過していると思われるプロット 56 (A-1)では、アカマツ以外の種によって林冠が形成されており、高木層にコナラを中心とするブナ科樹種、亜高木層以下にその他の種と階層ごとに樹種が分かれていた。しかしブナ科の若齢木はほとんど見られなかった。プロット 47 (A-2)は高木層に達しているものがなく、亜高木層で競争が起きているものと思われる。プロット 48 (B-1)では、高木層にアカマツが優占しているが、コナラが亜高木層で優占し、高木層に入ってきている。またプロット 56 (A-1)とは異なり、コナラに若齢木が多い。その他の樹種では、亜高木層から低木層におけるソヨゴの優占が著しい。プロット 52 (B-2)ではアカマツが高木層から低木層まで広範に分布していた。

アカマツ林が薪炭林として利用されなくなったのが1960年代以降であり、管理放棄されてから40年、松枯れが顕著になったのがおよそ20年前である（広島県林務部1945~1998調べ）。それらの年代を考慮し、樹齢と樹高の関係をFig.9に示す。プロット 56 (A-1)では、高木層を占めているブナ科樹種の樹齢は、亜高木層に存在するその他の種より低い傾向が見られ、ブナ科樹種の生長が速いことがわかる。亜高木層構成種は樹齢30~50年の間に多く分布しており、管理停止前から存在していたものが、樹高10m付近まで生長したと思われる。プロット 47 (A-2)の亜高木層構成種（クロキ、エゴノキ、アオハダ、ソヨゴ）は、樹齢15年から70年まで広く分散しているのに比べ、樹高は8mから10m付近に集中していた。プロット 56 (A-1)の亜高木層構成種（クロキ、アオハダ、リョウ

Table 5. Summed dominance ratio on two measurements (SDR₂) in survey plots

Plot no. (Vegetation type)	Species	No.	(%)	*BA(cm ²)	(%)	SDR ₂ (%)
47 (A-2)	<i>Styrax japonica</i>	19	15.7	736.9	16.8	16.2
	<i>Symplocos lucida</i>	11	9.1	907.9	20.7	14.9
	<i>Ilex pedunculosa</i>	8	6.6	692.9	15.8	11.2
	<i>Ilex macropoda</i>	8	6.6	359.7	8.2	7.4
	<i>Albizia julibrissin</i>	5	4.1	313.8	7.1	5.6
	Other species	70	57.9	1380.9	32.4	45.2
	Total	121	100.0	4392.1	100.0	100.0
56 (A-1)	<i>Symplocos lucida</i>	37	23.6	1891.0	15.7	19.6
	<i>Quercus serrata</i>	8	5.1	3787.8	31.4	18.2
	<i>Clethra barbinervis</i>	21	13.4	1444.4	12.0	12.7
	<i>Ilex macropoda</i>	9	5.7	819.4	6.8	6.3
	<i>Quercus variabilis</i>	2	1.3	946.5	7.8	4.6
	<i>Quercus glauca</i>	3	1.9	149.2	1.2	1.6
	<i>Castanea crenata</i>	2	1.3	163.3	1.4	1.3
	Other species	76	47.8	2872.9	23.8	35.8
	Total	158	100	12074.6	100	100
	48 (B-1)	<i>Ilex pedunculosa</i>	76	28.1	1286.9	15.6
<i>Pinus densiflora</i>		21	7.8	2816.8	34.2	21.0
<i>Quercus serrata</i>		28	10.4	1774.3	21.5	15.9
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>		17	6.3	592.2	7.2	6.7
<i>Evodiopanax innovans</i>		20	7.4	433.6	5.3	6.3
<i>Quercus glauca</i>		6	2.2	55.2	0.7	1.4
<i>Castanea crenata</i>		1	0.4	143.8	1.7	1.1
Other species		97	37.4	1139.6	13.8	25.6
Total		266	100	8242	100	100
52 (B-2)		<i>Pinus densiflora</i>	33	20	6983.0	85.8
	<i>Juniperus rigida</i>	15	9.1	370.3	4.5	6.8
	<i>Quercus serrata</i>	3	1.8	28.3	0.3	1.1
	<i>Symplocos lucida</i>	1	0.6	18.1	0.2	0.4
	<i>Ilex pedunculosa</i>	1	0.6	18.1	0.2	0.4
	Other species	112	68.9	724.6	8.9	38.4
Total	165	100	8142.3	100	100	

*BA: Basal Area

ブ)も樹高に比べ樹齢の分散が広いという同様の傾向が見られたが、プロット47よりも樹齢の分散の幅は狭い。

プロット48(B-1)は、樹齢25年から40年の間に出現したものが多く、他プロットに比べて全般に樹齢が低い。しかし、Fig.7からもわかるように、階層構造は他プロットと同様に発達している。プロット52(B-2)はアカマツの樹齢が20年から80年まで広く分布していた。このことはこの林分でアカマツの更新が長期にわたって継続されていることを示している。

考 察

松枯れをとりまく要因

今回の調査で得られた平均枯死率は71.6%に達していた。東広島市では大部分の林分で松枯れが進行しているようである。松枯れに関係のある要因として、管理形態が抽出された。放棄林と管理林における累積枯死率を比較した結果、管理林の枯死率は低かった。このことから、放棄林では松枯れが進行しやすいことがわかった。Fujihara (1995)は植生の遷移段階が進むにつれ、松枯れ被害も大きくなるとしている。今回の調査でも、管理林よりも植生遷移が進んだ放棄林分で松枯れが進んでいた。被害を免れたアカマツ林を維持していくには、下刈りや落ち葉の掻き出しといった管理を行うことが有効と思われる。今回管理林として定義した林分は財産区という共有林であり、マツタケの生産林として現在も入札が行われている林分である。しかしながら今回踏査した財産区で、下刈り等の実質的な管理を行っているものは稀であり、当地域では吉川地区など一部の地域でしかみられなかった。この林分は詳細調査のB-2にあたる。今後管理を行わなければ、財産区においても松枯れが進行する恐れがあると思われる。

今回の調査では、管理以外で松枯れに関連する因子として、地形があげられた。マツ枯れの被害は斜面上部で低く、斜面中部と下部で高く、日本自然保護協会(1987)の報告と同様の結果が得ら

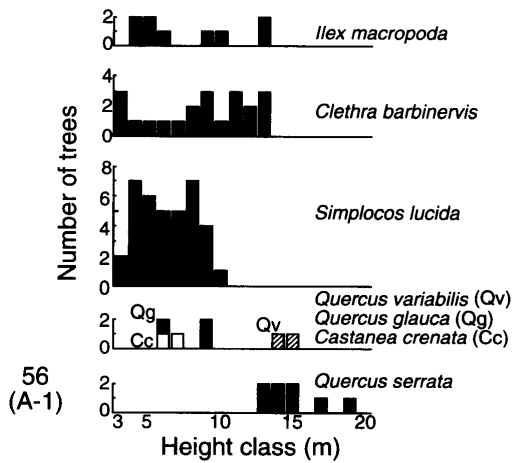


Fig.5. Frequency distribution in height of dominant tree species at Plot 56 (A-1)

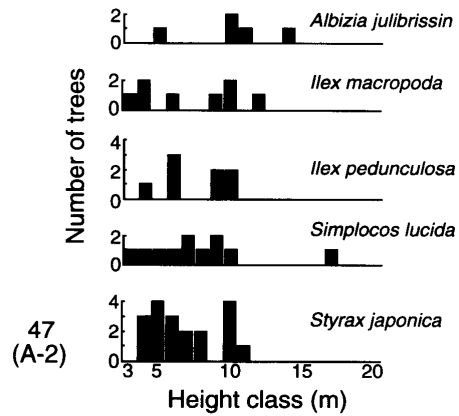


Fig.6. Frequency distribution in height of dominant tree species at Plot 47 (A-2)

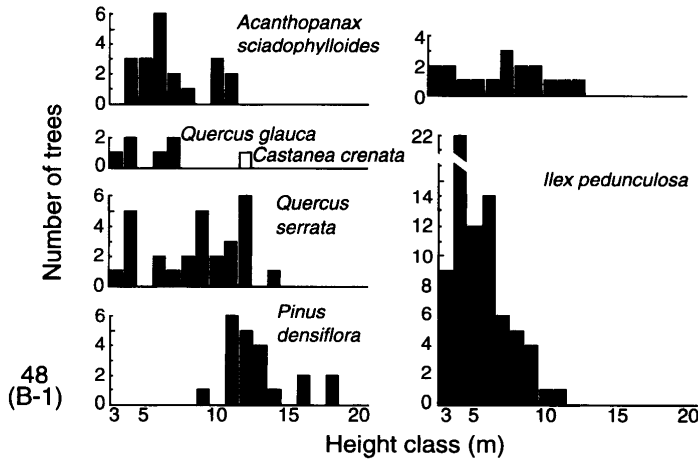


Fig.7. Frequency distribution in height of dominant tree species at Plot 48 (B-1)

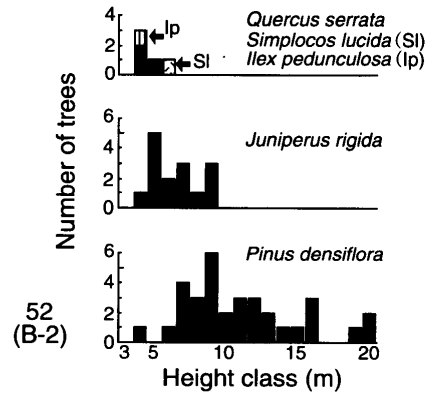


Fig.8. Frequency distribution in height of dominant tree species at Plot 52 (B-2)

れた。尚、広島県の島嶼部においてもほぼ同様な傾向がみられている (池上・中越 1998)。

松枯れ跡地の現状

今回松枯れ跡地を高木層の状態によって4つに区分したが、時間の経過に伴い、B-2がB-1にA-2がA-1に遷移していくと思われる。しかし、管理林、もしくは管理放棄後間もないB-2の状態が急激にアカマツが枯死した場合、B-2はA-2に変化すると思われる。すなわち今回詳細調査を行ったB-2のような管理圧の高いアカマツ林に松枯れが起こると、A-2タイプの林分が形成される。今回A-2は10プロットと多くはなかったが、B-2は27プロットと最も多かった。このため、今後松枯れが進行した場合、高木層を欠く未熟な林分が増加する危険がある。また、松枯れを受けてはいるも

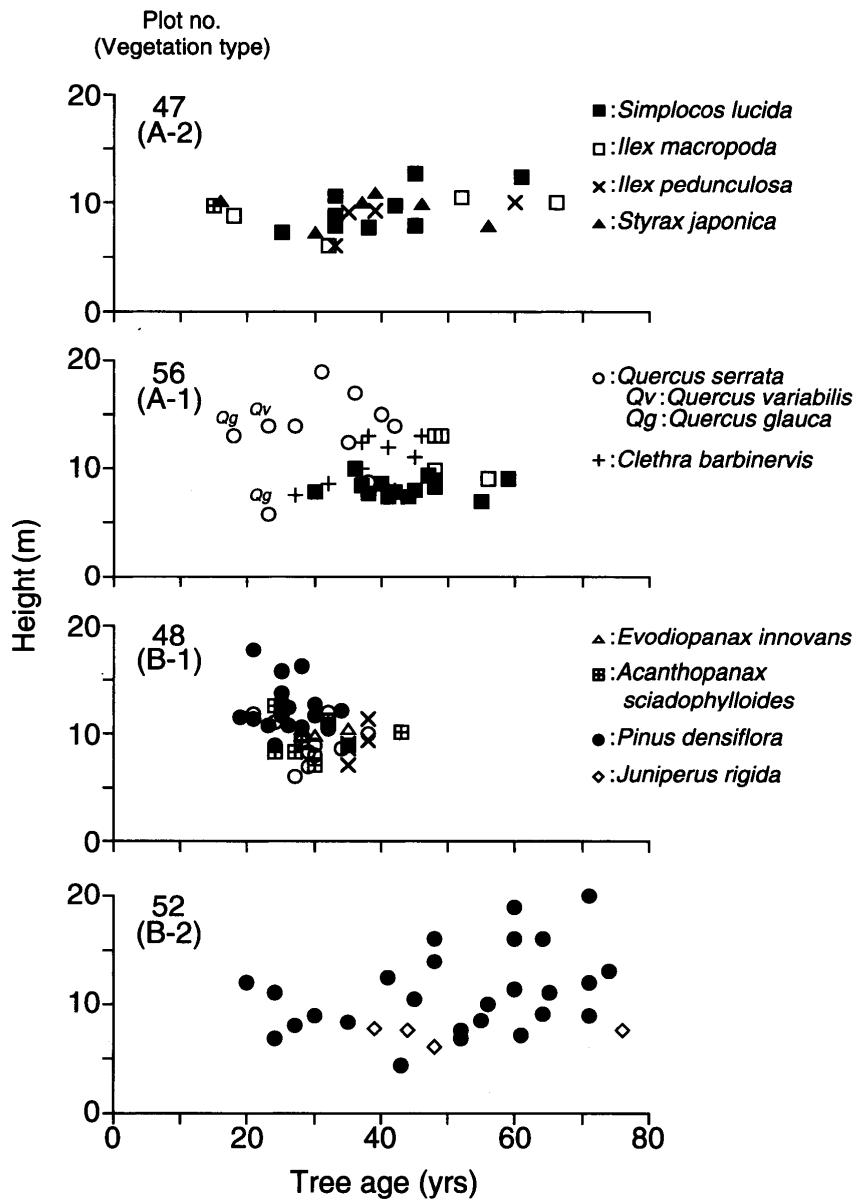


Fig.9. Relationships between tree age and height of dominant tree species at four different plots.

この、他樹種によって植被が回復しているA-1、B-1は合わせて42プロットあった。しかし、どちらも高木層の植被率は50%程度で、アカマツ枯死後の林分は未だ発達途上であると思われる。

遷移と樹木個体群の構造

今回の調査では、アカマツの稚樹、実生はわずかであるが存在していた (Table 3)。しかし、陶山・中村 (1988)、Hong & Nakagoshi (1998) は、林内ではアカマツの実生の死亡率が高いことを報告している。管理放棄後、低木層ではヒサカキをはじめとする低木種が繁茂しており、陽樹であ

るアカマツの実生が生存していくことは難しく、幼齢木もほとんど存在していない。このことから、東広島市においても、松枯れ林が再びアカマツ林として更新することはないものと思われる。

中国地方と関東地方において、アカマツ林が放棄されるとブナ科樹種の優占する林に遷移すると報告されている（鎌田・中越 1990, 1991；野本ら 1985；達・大沢 1992）。今回の調査では24プロットで高木層に、亜高木層では37プロットの調査区にコナラを主とするブナ科樹種が存在していた。樹齢が低いものが既に高木層、亜高木層に達していたことから、コナラは管理放棄後定着し、アカマツ枯死による光環境の変化に対応して優占したと考えられる。下層植生にコナラが存在している林分では、松枯れ後20～30年程度でコナラが優占する林分に遷移すると考えられる。しかし、毎木調査のプロット 47 (A-2)のように、ブナ科樹種のまったくみられない林分や、プロット 56 (A-1)のように高木層には存在するものの、後継樹を持たないものもあった。また、区分B-2の亜高木層では27個中15個はブナ科樹種がなかった。

真鍋ら（1988）は亜高木層を構成している木本種が、松枯れ後にそのまま優占種に置き換わり、新たに林冠を形成するとしている。今回の調査では、現在亜高木層を占めている種として、クロキ、ソヨゴ、アオハダ、リョウブ、エゴノキ、コシアブラ、タカノツメが出現した。これらの種はどの区分でも樹高3mから10mの間に同程度存在しており、樹齢もコナラより高いものが多かった。したがってアカマツが枯死する以前から亜高木層もしくは低木層に存在していたものが多いと思われる。ところが樹高10m程度に達するまで時間を多く要するため、後から定着したコナラに追い抜かれてしまうと考えられる。しかし、それにも20年から30年はかかるため、亜高木層で林冠が閉じてしまうことも考えられる。

これらのことを考慮すると、松枯れ林は、種子の供給がありコナラが定着できた場所ではコナラ林へと遷移していくものと思われる。しかし、それが無い場所ではクロキ、ソヨゴといった亜高木性樹種が、光環境の好転を受けて亜高木層で繁茂するため、ブナ科樹種の優占する林に遷移するには時間を要すると考えられる。したがって松枯れはブナ科樹種への遷移を早めるのにも、遷移を遅らせるのにも働く。この遷移の速度は林分が放棄されてから下層植生が発達するまでの時間がどれだけあるか、またブナ科種子の供給の有無により左右されるものと思われる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、広島大学総合科学部根平邦人教授、頭山昌郁博士には有益なご助言を頂いた。佐竹 昭教授、浅野敏久助教授、土谷彰男博士には、総合科学部総合研究プロジェクトを進めていく上でご助言を頂くとともに、様々な便宜を図って頂いた。特に土谷彰男博士には、年輪試料の採取から解析の方法までご教示頂いた。広島県農林水産部の中石光彦氏、打明英之氏には研究に関する様々なデータを提供して頂いた。吉川長寿会の皆様には、調査地を提供して頂くとともに、調査研究に対する深いご理解を頂いた。また、広島大学大学院、根平・中越研究室の院生には、野外調査等にご協力頂いた。以上の方々に、ここに深くお礼申し上げます。

引 用 文 献

- 達 良俊・大沢雅彦（1992）都市景観域における放棄アカマツ植林の二次遷移とアカマツの一斉枯死による影響。日本生態学会誌 42：81-93。
Fujihara M. (1995) Succession of secondary pine forests after pine wilt disease in San-yo district,

- Western Japan. *Natural History Research* 3(2): 161-171.
- Fujihara M. (1996) Development of secondary pine forests after pine wilt disease in western Japan. *Journal of Vegetation Science* 7: 729-738
- 東広島市 (1998) 市政便覧1998
- 広島県 (1972) 都道府県土地分類基本調査 乃美. 広島県.
- 広島県 (1976) 都道府県土地分類基本調査 海田市. 広島県.
- 広島県 (1984) 都道府県土地分類基本調査 可部. 広島県.
- 広島県 (1985) 都道府県土地分類基本調査 竹原. 広島県.
- Hong S.-K. & Nakagoshi N. (1998) Comparison of the initial demographics of pine and oak populations in rural pine forests in Korea and Japan. *Journal of Plant Biology* 41: 208-218.
- 池上佳志・中越信和 (1998) 立地環境による松枯れ危険地の予測. 日本林学会論文集109: 227-230.
- 伊藤秀三・川里弘孝 (1978) わが国における二次林の分布. 吉岡邦二博士追悼植物生態論集 仙台: 281-284.
- 鎌田磨人・中越信和 (1990) 農村周辺の1960年代以降における二次植生の分布構造とその変遷. 日本生態学会誌 40: 137-150.
- 鎌田磨人・中越信和 (1991) 広島県中部の農村地域における二次植生の群落構造と動態. 日本林学会誌 73: 276-282.
- 真鍋 徹・中越信和・根平邦人 (1988) アカマツ林途中相群落における植物の生活様式. 広島大学総合科学部紀要VI 13: 27-42.
- 中越信和・松田方典・石井正人 (1994) 広島県緑化センター及び県立緑化植物公園の植生. 日本林学会論文集 105: 267-270.
- Nakagoshi N., Nehira K., Someya T., Tanaka M., Kamada M. & Takahashi F. (1991) Map of actual vegetation of Saijo, Higashi-Hiroshima, Hiroshima Prefecture. *Memoirs of the Faculty of Integrated Arts and Sciences Hiroshima University Ser. IV. 16: 19-27+map.*
- 中越信和・和田秀次 (1992) 温帯林の植物群集の構造と動態. 個体群生態学会会報49: 98-106.
- 日本自然保護協会(編) (1987) 松くい虫被害対策として実施される特別防除が自然生態系に与える影響評価に関する研究 -松くい虫等被害に伴うマツ林生態系の攪乱とその動態について-. 日本自然保護協会 東京: 362pp.
- 野本宣夫・大石祐治・佐伯敏郎・岸洋一・井上悦甫・中嶋嘉彦 (1985) 岡山県と茨城県の「松枯れ」跡の植生遷移-D²H図、D²H頻度分布による樹種構成の解析. 松枯れとその生態系に及ぼす影響「環境科学」研究報告書: 17-26.
- 沼田 真・依田恭二 (1957) 人工草地の群落構造と遷移I. 日本草地研究会誌 3 (1・2): 4-11.
- SAS Institute Inc. (1998) Stat View 5.0-J
- SPSS Inc. (1999) SPSS Base 9.0J
- 陶山佳久・中村 徹 (1988) アカマツ人工林におけるアカマツ当年生実生の個体群動態. 日本林学会誌 70: 510-517.
- 山場淳史・中越信和 (1996) 東広島市における山林の利用、管理とその社会経済的環境から見た村落類型. 地理科学 51: 91-108.