

松くい虫被害跡地における森林造成

— 広葉樹除伐後の樹冠合計面積率とアカマツ植栽木の成長 —

涌嶋 智

涌嶋 智：松くい虫被害跡地における森林造成—広葉樹除伐後の樹冠合計面積率とアカマツ植栽木の成長—，広島県林技セ研報35号：5～15，2003。広島県の主要な林型であるアカマツを上層木とする混交林は，松くい虫被害により多面的な機能を発揮できない状況にある。そこで，松くい虫被害後の残存木非皆伐施業地へ松くい虫に抵抗性を持つアカマツを導入して「アカマツ—広葉樹混交林」を造成する技術を確認するため，3段階の上木伐採条件でマツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ接木苗を平成6年2月に広島県豊田郡川尻町の治山事業地に樹下植栽した。アカマツ植栽を実施した試験区における残存木の樹冠合計面積の試験区面積に対する比率は，強度除伐区24%，中度除伐区64%，弱度除伐区117%で，植栽初期の3年間の展葉期における平均林内相対照度は強度除伐区64%，中度除伐区53%，弱度除伐区24%であった。アカマツの成育は明るい強度除伐区，中度除伐区では順調で上層の樹冠を形成したが，暗い弱度除伐区では樹高，直径とも他の2区に比べ著しく劣っていた。以上の結果より，当地のような植生・立地環境の場合，樹冠合計面積率を約60%以下にすれば平均林内相対照度を約50%以上に保つことができ，「アカマツ—広葉樹混交林」が成立することがわかった。

[キーワード]

松くい虫被害跡地，針広混交林造成，マツノザイセンチュウ抵抗性マツ，広葉樹除伐，光環境，樹冠，合計面積率

1. はじめに

平成13年度の広島県における松くい虫被害面積は42,804 ha，被害材積は61,299m³で¹⁾，過去最高であった平成6年度の被害(約9万3千m³)と比べるとやや減少傾向にあるとはいえ，依然として大きな被害を受けている。これに対し，松くい虫防除とともに，荒廃した松くい虫被害跡地の森林復旧が行われてきている。広島県中南部は比較的温暖かつ寡雨で，花崗岩等を母材とした脊悪土壌が広く分布しており²⁾，乾燥に強く酸性土壌で良好に成育するアカマツが森林復旧に適した樹種のひとつであると考えられる。このため，近年マツノザイセンチュウ抵抗性の「広島スーパーマツ」の生産が開始され，植栽材料として多く用いられている³⁾。

しかしながら，アカマツは典型的な陽性樹種であり，十分な日射量がある場合では良好な成育を示すが，生活環境保全林などの施業で行われるような，ある程度の広葉樹等を残存させて樹下植栽する場合には光が不足し，不良な成育を示す可能性があった。

このため，残存した広葉樹をどの程度除伐すれば，樹下植栽したアカマツが良好に成育するかを明らかにするため，強・中・弱の3段階で残存広葉樹をランダムに除

伐しアカマツを樹下植栽して，その成育状況を調査した。また，林内相対照度や残存木の樹冠などを調査し，アカマツの成育との関係を調べた。

2. 材料と方法

2.1 実施場所

本試験は広島県豊田郡川尻町大字川尻字板休503-1番地の野呂山山頂付近の林地で実施した。現地は呉農林事務所(現呉地域事務所)の平成6年度特定保安林整備緊急治山事業(No22)の対象地として松くい虫被害跡地の整備が実施された中に位置している(北緯34度15分，東経134度41分，標高620m)。現地の概要を表1に示す。現地はもともと上層に40～80年生程度のアカマツが優占する林地であったが，昭和58年頃から松くい虫被害を受けはじめ，試験開始時点はリョウブ，コナラ，イヌザンショウ，エゴノキ，ソヨゴ等が成育している中にアカマツが点在して生存するような林地となっていた。試験地の位置を図1-1に示す。

2.2 残存木の除伐と試験区設定

試験地において，平成6年12月から平成7年2月にか

けて測量、除伐、棚積み、地ごしらえ、試験区の設定を行った。試験地内に方形～台形の3試験区を設け、残存したアカマツおよび広葉樹の除伐を強度・中度・弱度の3段階で行った。除伐木の選定は任意でランダムに行った。概ね胸高直径4cm以上を残存させたが、残存木が株立ち等により近接している場合は、直径4cm以上の個体も除伐対象とした。各試験区の面積は強度除伐区：508㎡、中度除伐区：455㎡、弱度除伐区：494㎡とし、各試験区の間には5～10mの緩衝区を設けた。試験区の配置状況を図1～2に、除伐直後の各試験区の状況写真および魚眼レンズ(18mm)で撮影した天空写真を図2に示す。

2.3 植栽材料

本試験において植栽したのは広島県立林業技術センター苗畑で養成したアカマツ宮島54号接木クローン苗で、平成5年4月にクロマツ実生2年生を台木として接木を行い、成育の良好な個体を平成7年2月20日に掘り取り、2月21、22日で試験地への植栽を行った。植栽本数は強度除伐区116本、中度除伐区119本、弱度除伐区117本であった。各区の植栽本数を1ヘクタールの面積当りに換算すると、強度除伐区：2,283本、中度除伐区：2,615本、弱度除伐区：2,368本となった。

植栽後の施肥は行わず、平成7年から10年度の夏期に下刈りを実施した。平成11年度から14年度は下刈りを行っていない。

2.4 成育調査

植栽したアカマツ接木クローン個体の成育状況を平成6年から平成10年および平成14年の成育休止期に調査した。調査項目は生存の有無、樹高、根元径とした。また、針葉の多寡や幹の傾きといった外見の状況の観察も行った。

2.5 林内相対照度調査

林内相対照度を平成7年～9年の夏期、および10年12月に各1回ずつ測定した。曇天条件下でミノルタデジタル照度計(T-1H)を2台使用して、試験地から約100m離れた林外の裸地(通称カブト岩)と植栽木の梢端部直上において水平に支持し、トランシーバーで連絡を取りながら同時に瞬間値を測定した。測定は各除伐区内の全個体で実施した。

また、平成10年12月には植栽木梢端部直上の瞬間値とともに、試験地内を移動しながら連続的に照度を測定し、積算値による林内相対照度の測定を行った(曇天条件下、午前10時50分から12時まで)。測定時間は1回6分とし、

各区2回の繰り返しを行った。

2.6 残存木調査

残存したアカマツおよび広葉樹の調査を平成10年12月に実施した。調査項目は樹種、樹高、胸高直径、樹冠の広がり(4方向)、成育位置とした。また、樹冠面積は楕円形で近似し、ヘクタール当たりの合計面積(㎡)と、調査面積に対する残存木の樹冠合計面積との比率(以下樹冠合計面積率、%で示す)を算出した。材積は「立木幹材積表-西日本編-」⁴⁾の材積式により算出した。なお、全ての広葉樹の材積は広葉樹Iの式を適用した。得られたデータを基にして樹冠状況を図化した。

2.7 土壌断面調査

試験地内において土壌断面調査を実施し、土壌断面図を作成した。調査方法は「土壌調査法」⁵⁾、「林野土壌の分類」⁶⁾に則って行った。土壌断面の調査結果と写真を図3に示す。

表1 試験地の概要

広島県豊田郡川尻町川尻		
位置	北緯	34度15分
	東経	134度41分
年平均	降水量	1,712 mm
	気温	12.3℃
	最深積雪深	27 cm
斜面	傾斜	27°
	方位	南～南西
地形	標高	620m
	地形要素	山地斜面
	相対的位置	上部斜面
	形態	直線～凹型
土壌	土壌型	yB ₀ (d)
	地質・土壌母材	流紋岩
	堆積様式	残積
三次メッシュ値		51323504
植栽年月		平成7年2月

注) 年平均降水量、気温、最深積雪深はメッシュデータによる。

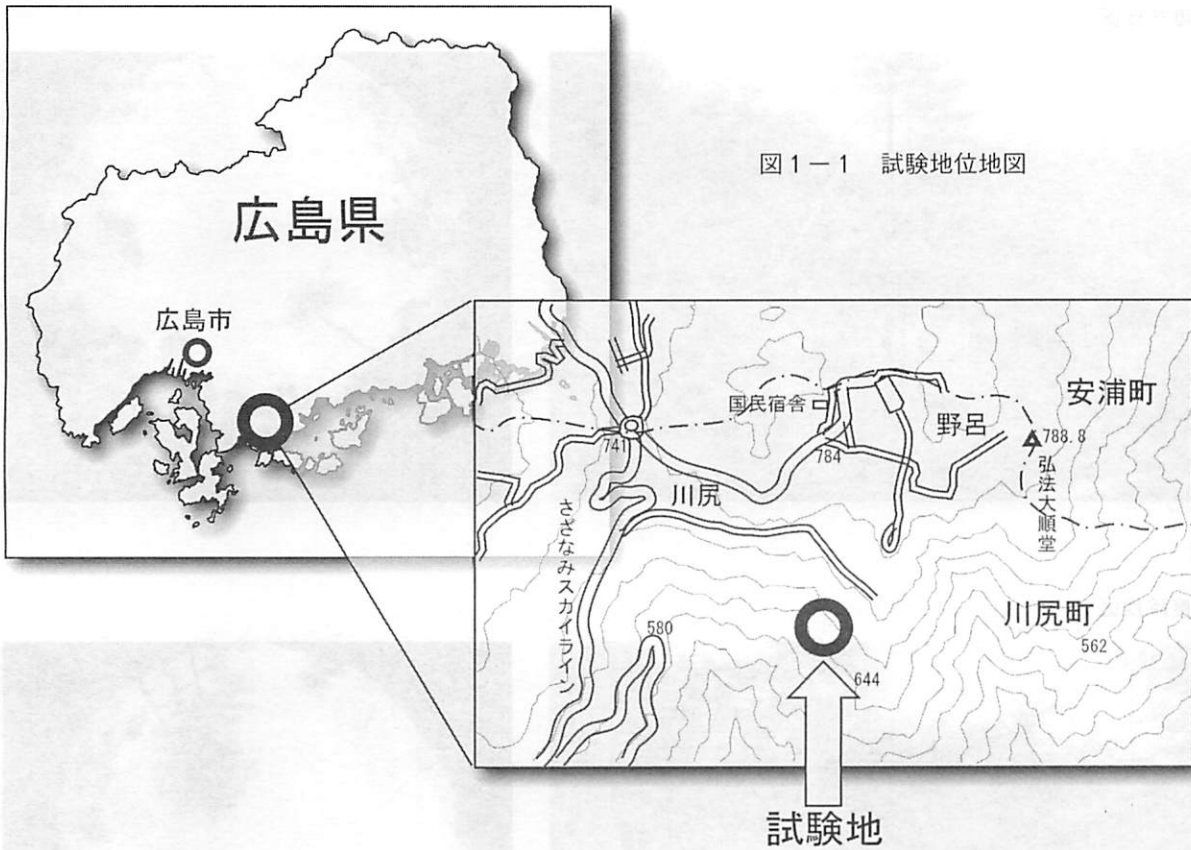
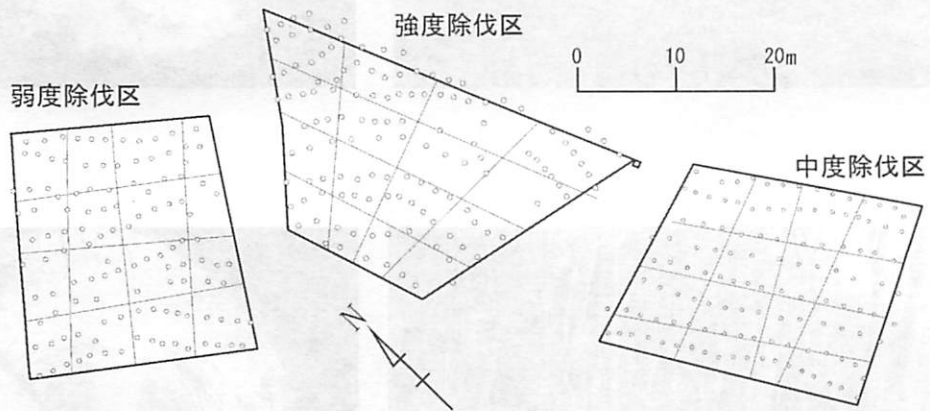


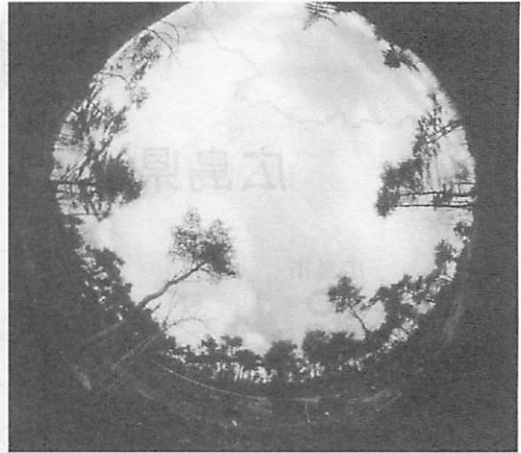
図1-1 試験地位地図

図1-2 試験区の配置



* 図中の○はアカマツの植栽位置を表す。

強度除伐区



中度除伐区



弱度除伐区

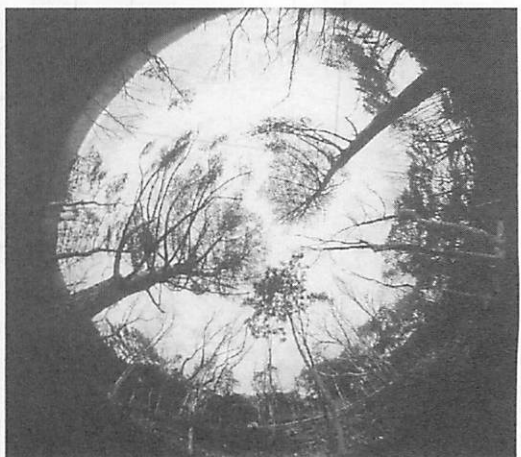


図2 除伐試験区の設置状況

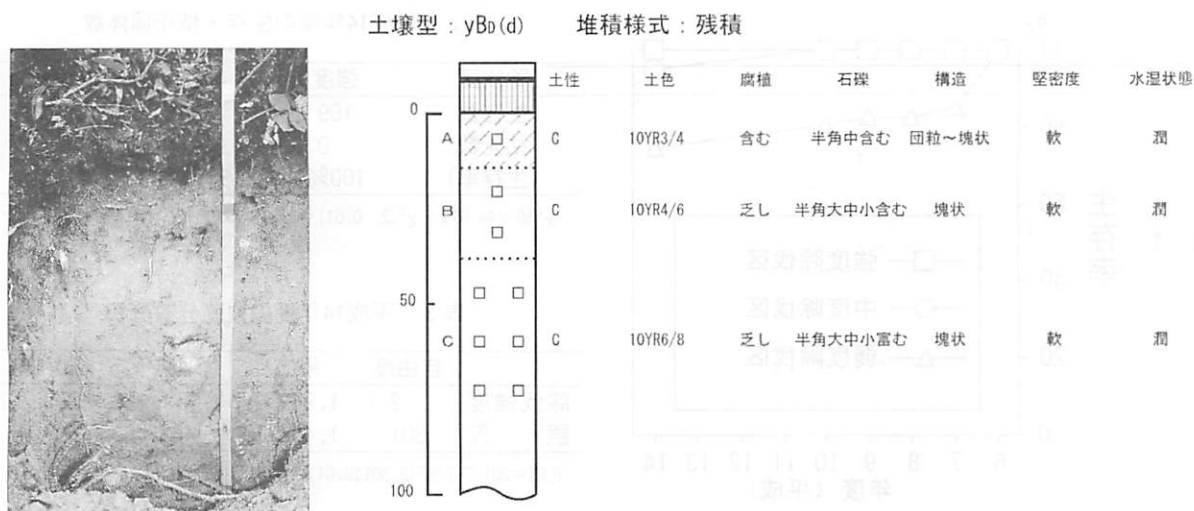


図3 試験地の土壌断面

3. 結果

3.1 植栽したアカマツの成育状況

3.1.1 生存率の推移

植栽したアカマツの生存率の推移を図4—1に示す。なお、下刈り時の誤伐個体や台替りで台木のクロマツが優勢となった個体は調査の全体数から除いた（強度除伐区：7個体，中度除伐区：2個体，弱度除伐区：4個体）。その結果，調査対象本数は強度除伐区109本，中度除伐区117本，弱度除伐区113本となった。強度除伐区では平成6年度の植栽時から平成14年度まで枯死個体は見られなかった。中度除伐区では生存率が平成10年度以降にわずかに減少して平成14年度時点で95%となり，弱度除伐区では初期段階で85%程度まで減少して，その後漸減し，平成14年度には74%となっていた。平成14年度の生存および枯死個体数について，3つの除伐区で χ^2 独立性検定を行ったところ，有意水準1%で除伐率が異なるとアカマツの生存率も異なることが明らかとなった（表2）。弱度除伐区における初期の枯死原因として，林内照度の不足による成育不良条件下でのマツノザイセンチュウ病やナラタケ菌への罹病が報告されている⁷⁾。このことは，抵抗性マツがその能力を発揮するためには，十分な林内照度と健全な成育環境が必要であることを示唆すると考えられる。

3.1.2 樹高の推移

樹高の推移を図4—2に示す。強度除伐区では平成14年度には樹高約402.8±83.3（平均値±標準偏差SD）cmに達し，中度除伐区では約308.6±63.9cm，弱度除伐区

では約200.6±54.9cmとなっていた。平成14年度の樹高成長について分散分析を行ったところ，1%危険率で有意差が見られた。3つの除伐区で多重比較（Scheffe法）を行ったところ，相互に1%危険率で有意差があった（表3）。

3.1.3 根元径の推移

根元径の推移を図4—3に示す。樹高成長と同様に強度除伐区の成育がもっとも大きく，平成14年度の平均直径で約78.2±19.9（平均値±SD）mmであった。中度除伐区では同じく平均約50.1±14.2mm，弱度除伐区では植栽後ほとんど成育しておらず，平成14年度時点で平均25.9±7.6mmとなっていた。根元径のデータについて分散分析を行ったところ，1%危険率で除伐区方法の違いによる根元径に有意差が見られた。3除伐区で多重比較（Scheffe法）を行ったところ，樹高成長と同様に3除伐区とも相互に1%危険率で有意差があった（表4）。

3.1.4 成育状況と樹形

各除伐区におけるアカマツの成育状況の写真を図5に示す。強度除伐区では成育状況はきわめて良好であった（形状比の平均値±SD：53.4±11.3，表5）が，弱度除伐区では樹高成長に比べて直径成長量が小さく，形状比が78.7±13.3と細長い幹形であったため，多くの個体が直立せず傾いていた。また，強度除伐区に比べて着生している針葉の数が少なく，太さが細くなっているのが観察された。中度除伐区では強度除伐区ほどではないが良好な成育を示し（形状比63.7±10.8），弱度除伐区のように幹が傾いている個体は見られなかった。

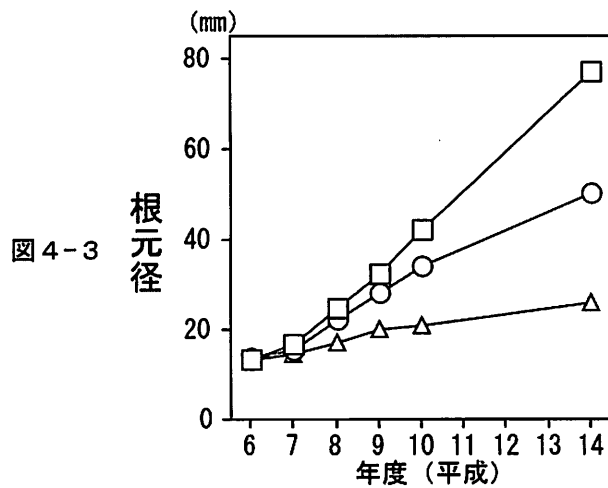
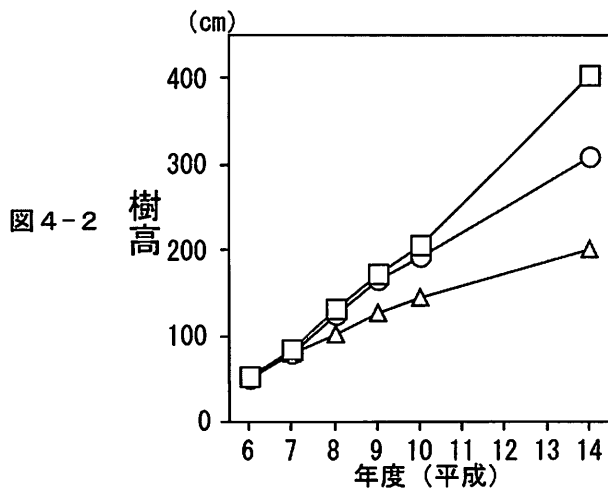
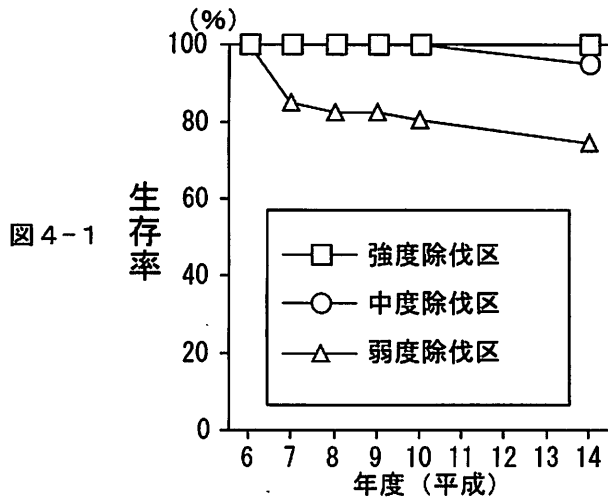


図4 植栽したアカマツの育成状況

表2 平成14年度の生存・枯死個体数

除伐区	強度	中度	弱度
生存数	109	111	84
枯死数	0	6	29
(生存率)	100%	94.9%	74.3%

χ^2 値=44.679 > $\chi^2(2, 0.01)=9.21$ により1%水準で有意差あり

表3 平成14年度の樹高分散分析

	自由度	平方和	平均平方	F値
除伐強度	2	1,942,317	971,158	201.752
誤差	301	1,448,900	4813.62	

F値=201.752 > F(2, 301; 0.01)=4.6 により1%水準で有意差あり

除伐強度	平均値(±標準偏差)
強度	402.8±83.3a
中度	308.6±63.9b
弱度	200.6±54.9c

a, b, c間は相互に1%水準で有意差あり(Scheffe法による多重比較)

表4 平成14年度の根元径分散分析

	自由度	平方和	平均平方	F値
除伐強度	2	131,654	65,827	284.556
誤差	301	69,631	231.333	

F値=284.556 > F(2, 301; 0.01)=4.6 により1%水準で有意差あり

除伐強度	平均値(±標準偏差)
強度	78.2±19.9a
中度	50.1±14.2b
弱度	25.9±7.6c

a, b, c間は相互に1%水準で有意差あり(Scheffe法による多重比較)

表5 平成14年度の形状比分散分析

	自由度	平方和	平均平方	F値
除伐強度	2	30,337	15,168	110.115
誤差	301	41,463	137.752	

F値=110.115 > F(2, 301; 0.01)=4.6 により1%水準で有意差あり

除伐強度	平均値(±標準偏差)
強度	53.4±11.3a
中度	63.7±10.8b
弱度	78.7±13.3c

a, b, c間は相互に1%水準で有意差あり(Scheffe法による多重比較)

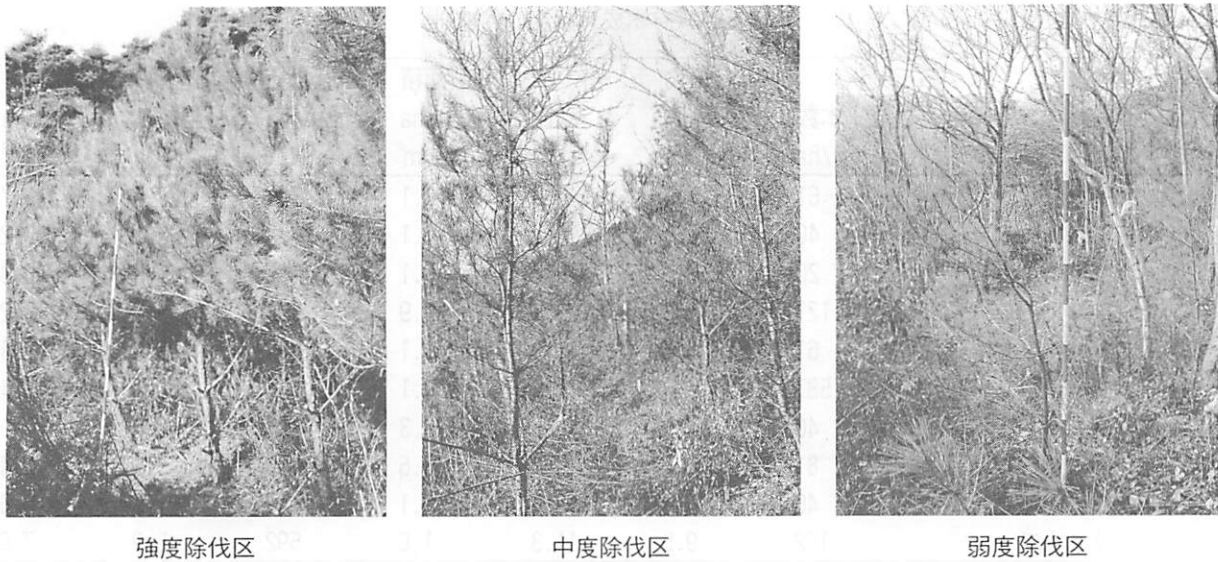


図5 植栽したアカマツの育成状況写真（平成14年12月撮影）

平成14年度時点では、強度除伐区においては植栽したアカマツが樹冠の上層を優占しており、このままで問題なくアカマツ広葉樹混交林へと遷移してゆくと考えられる。逆に弱度除伐区ではアカマツの育成は不良であり、将来的に上層木の枯損等による大きなギャップの形成などがない限り、樹下植栽したアカマツが上層木になる可能性は極めて低いといえる。中度除伐区では育成量自体は強度除伐区に劣るとはいえ比較的健全に育成しており、今後の継続的な観察が必要ではあるが、将来的には樹下植栽したアカマツが上層木となりアカマツ広葉樹混交林へと遷移してゆくと考えられる。

3.2 残存木と林内相対照度

3.2.1 残存木の育成状況

平成10年度に調査した残存木の樹冠状況および樹種凡例を図6-1に示す。また、残存木の樹種ごとの本数、樹高、直径、樹冠合計面積等を表6に示す。強度除伐区では残存木の本数が433本/ha、樹冠合計面積率は23.8%であった。また、弱度除伐区では残存木の本数が1,215本/ha、樹冠合計面積率が117.2%であった。中度除伐区では残存木本数は1,758本/haと弱度除伐区よりも多いが、逆に樹冠合計面積率は小さくなっており、64.0%であった。また、断面積合計や材積も樹冠面積率と同じ傾向にあり、除伐強度と残存本数は必ずしも比例するわけではなく、むしろ単位面積当たりの樹冠合計面積率や断面積合計、材積を基準にした方が除伐条件を正確に表現できると考えられる。

3.2.2 林内相対照度

林内相対照度の分布図を図6-2に示す。各照度調査位置の平成7～9年（夏期の展葉期）の平均値を地図上にプロットし、調査位置間を直線で結び、2点間の数値の差を比例配分して図化した。その結果、除伐強度の違う区で照度分布が異なるとともに、設定した区内でも照度分布にバラつきがあることが読み取れる。このバラつきは残存した広葉樹等の樹冠が影響していると考えられ、図6-1の樹冠を表す楕円が多く、密度が高い部分で暗くなる傾向があった。例として弱度除伐区では斜面上部でコナラやアカマツの大きな樹冠がみられ、重なり合いも多くなっていた。相対照度も斜面の下部に比べて斜面上部で暗くなっている。

表7に平成7～9年（展葉期）と平成10年（落葉期）の除伐区毎の相対照度平均値を示す。展葉期と比べると落葉期の数値がいずれの除伐区でも高くなっており、特に最も暗い弱度除伐区で24.0%から49.4%へと数値の上昇が見られる。弱度除伐区では落葉広葉樹の樹冠が樹冠面積合計578.9m²（117.2%）の390.8m²（79.1%）を占めており、落葉期にはこれらの影響が小さくなるため林内相対照度が上昇したと考えられる。

また、照度計の林内移動により調査した林内積算照度測定データでは、相対照度瞬間値の平均と比較すると、弱度除伐区、強度除伐区で積算値の方が低く、中度除伐区では積算値の方が高くなっていた。除伐区ごとの傾向は瞬間値、積算値とも同じであったが、特に暗い弱度除伐区において差が大きかった。

表6 残存木成育状況の詳細

除伐区	樹種	本数 /ha	平均 樹高 m	直径 cm	断面積 合計/ha m ²	樹冠合計 面積/ha m ²	調査面積 当たり (%)	材積 /ha m ³
弱度	アカマツ	61	14.2	40.0	8.1	2,746	27.5	49.7
	イヌツゲ	40	3.5	6.3	0.1	222	2.2	0.2
	ウリハダカエデ	20	10.5	5.7	0.1	146	1.5	0.3
	エゴノキ	121	11.3	9.7	0.9	582	5.8	5.2
	カナクギノキ	61	12.7	15.0	1.1	957	9.6	6.4
	コナラ	587	9.5	12.9	9.1	5,635	56.3	42.4
	シキミ	40	7.5	9.3	0.3	298	3.0	1.0
	ソヨゴ	81	8.7	9.2	0.6	389	3.9	2.4
	ヤブツバキ	40	6.4	6.0	0.1	153	1.5	0.4
	リョウブ	162	9.5	11.3	1.6	592	5.9	7.6
	総計	1,215	9.7	12.9	21.9	11,719	117.2	115.8
中度	アカマツ	66	8.9	21.8	2.9	1,510	15.1	13.5
	イヌザンショウ	132	4.6	5.4	0.3	444	4.4	0.9
	エゴノキ	44	6.5	5.5	0.1	243	2.4	0.4
	カナクギノキ	22	6.6	10.1	0.2	200	2.0	0.6
	クリ	22	8.0	11.7	0.2	222	2.2	0.9
	コナラ	66	6.9	6.2	0.2	591	5.9	0.8
	ソヨゴ	154	5.4	4.7	0.3	475	4.8	1.0
	ネズミモチ	88	2.9	2.8	0.1	95	0.9	0.1
	リョウブ	1,165	6.4	5.7	3.1	2,622	26.2	11.5
	総計	1,758	6.2	6.2	7.5	6,402	64.0	29.6
強度	アカマツ	39	11.8	6.2	0.1	629	6.3	0.8
	ウリハダカエデ	20	4.6	4.6	0.0	132	1.3	0.1
	エゴノキ	39	7.7	6.7	0.1	223	2.2	0.6
	クリ	20	3.5	7.2	0.1	49	0.5	0.2
	コナラ	20	2.7	5.2	0.0	247	2.5	0.1
	ヌルデ	20	7.0	9.6	0.1	272	2.7	0.5
	ネズミモチ	39	3.6	4.8	0.1	162	1.6	0.2
	リョウブ	236	5.4	6.9	1.3	666	6.7	3.3
	総計	433	5.8	6.6	1.9	2,379	23.8	5.6

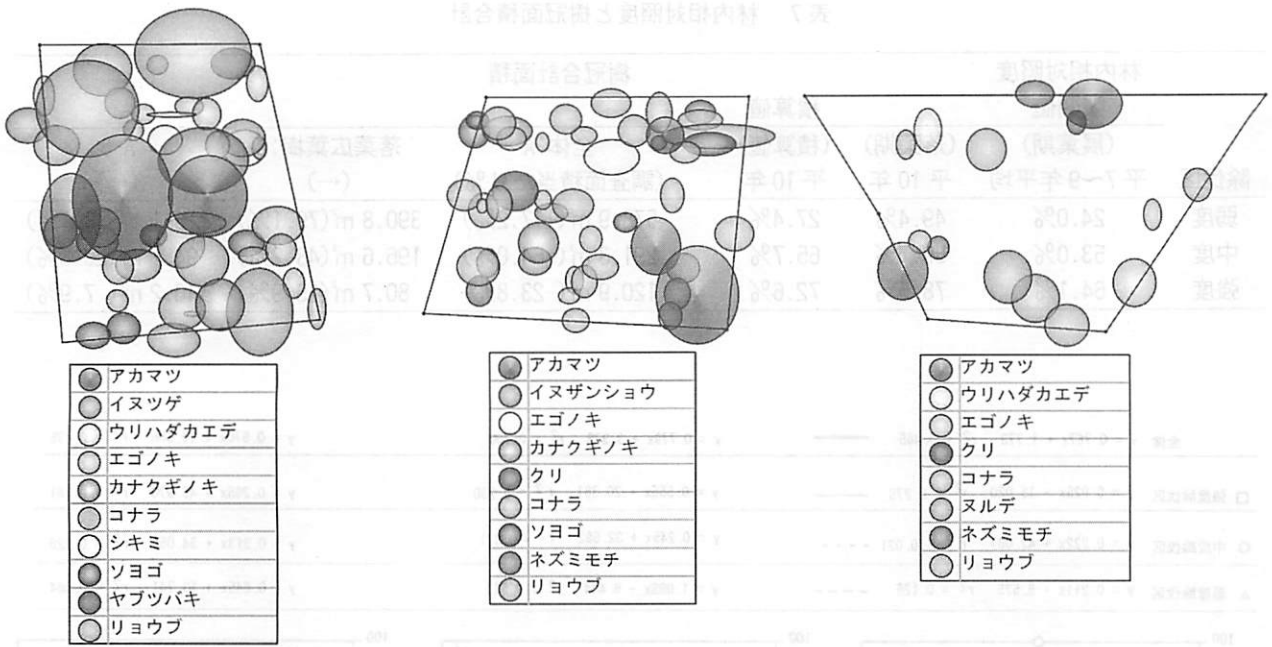


図6-1 残存木の樹冠状況

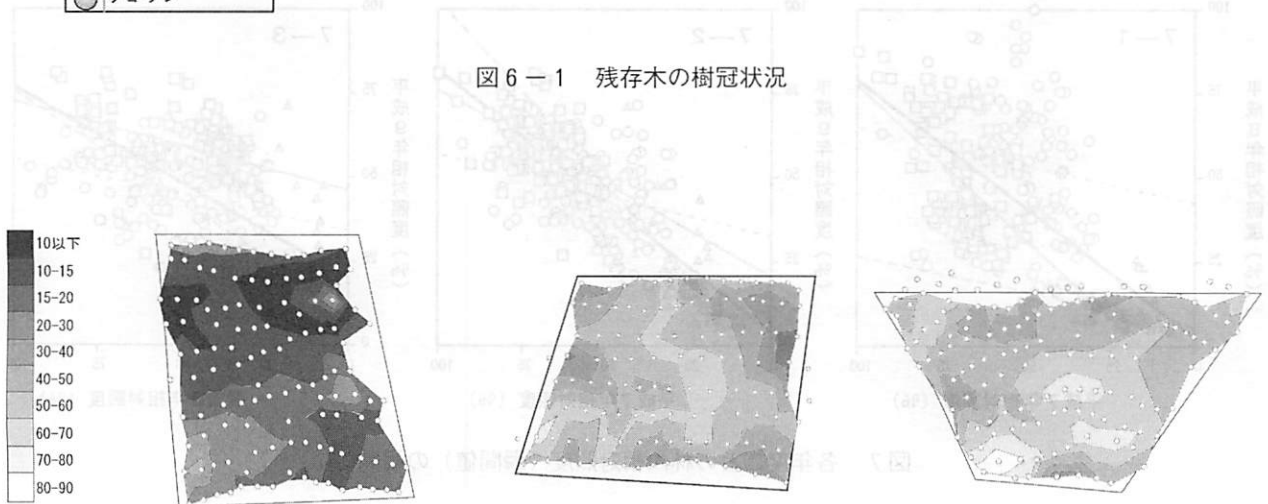


図6-2 林内相対照度分布図

4 考察

4.1 樹冠合計面積率と樹下植栽アカマツの成育

広葉樹等が上層の樹冠を形成している林分においてアカマツの樹下植栽を行う場合、最も問題となる要因の一つに樹下の光環境が上げられる。一般にアカマツは陽樹に分類されており⁸⁾、十分な日光を受けないと成長が不良となる。樹下の光環境を表す指標として、これまで照度計を用いた林内相対照度の測定が行われてきた。しかし、照度計による相対照度は測定条件(天候, 時刻, 季節等)や方法(瞬間値, 積算値), 使用する機材によりその数値が大きく変わり, 同一地点での再現性が小さい,

あるいは他地点のデータと比較し辛いという問題があった。本試験においても表7に示すように、年度ごとの数値が異なっていた。また瞬間値の平均と積算値ではかなりの差が見られ、特に瞬間値では多数の点を平均することで「比較的明るい」, 「比較的暗い」といった傾向については示すことができるが、一定の測定条件(曇天や薄曇り, 太陽高度等)を得ることが難しく、得られた値も地点や年度によってばらつきが大きくなる例が見られた。図7-1~3に平成7~9年度の地点瞬間値の相関状況を示す。いずれも相関は低く、数値全体のばらつきも大きい。この結果は同一地点でも、測定した年度によって相対照度が異なっていることを意味している。したがっ

表7 林内相対照度と樹冠面積合計

除伐区	林内相対照度			樹冠合計面積		
	瞬間値		積算値	全体:A	落葉広葉樹:B	A-B
	(展葉期)	(落葉期)	(積算値)	(調査面積当たり%)	(←)	(←)
	平7~9年平均	平10年	平10年			
弱度	24.0%	49.4%	27.4%	578.9 m ² (117.2%)	390.8 m ² (79.1%)	118.1 m ² (38.1%)
中度	53.0%	59.7%	65.7%	291.3 m ² (64.0%)	196.6 m ² (43.2%)	94.7 m ² (20.8%)
強度	64.1%	78.5%	72.6%	120.9 m ² (23.8%)	80.7 m ² (15.9%)	40.2 m ² (7.9%)

全体	$y = 0.767x + 1.773$	$r^2 = 0.465$	$y = 0.779x + 3.375$	$r^2 = 0.700$	$y = 0.570x + 19.565$	$r^2 = 0.475$
□ 強度除伐区	$y = 0.925x - 15.020$	$r^2 = 0.278$	$y = 0.555x + 20.381$	$r^2 = 0.230$	$y = 0.265x + 45.970$	$r^2 = 0.161$
○ 中度除伐区	$y = 0.222x + 42.037$	$r^2 = 0.021$	$y = 0.245x + 32.592$	$r^2 = 0.071$	$y = 0.213x + 34.056$	$r^2 = 0.126$
△ 弱度除伐区	$y = 0.211x + 5.575$	$r^2 = 0.126$	$y = 1.088x - 6.444$	$r^2 = 0.511$	$y = 0.645x + 10.741$	$r^2 = 0.064$

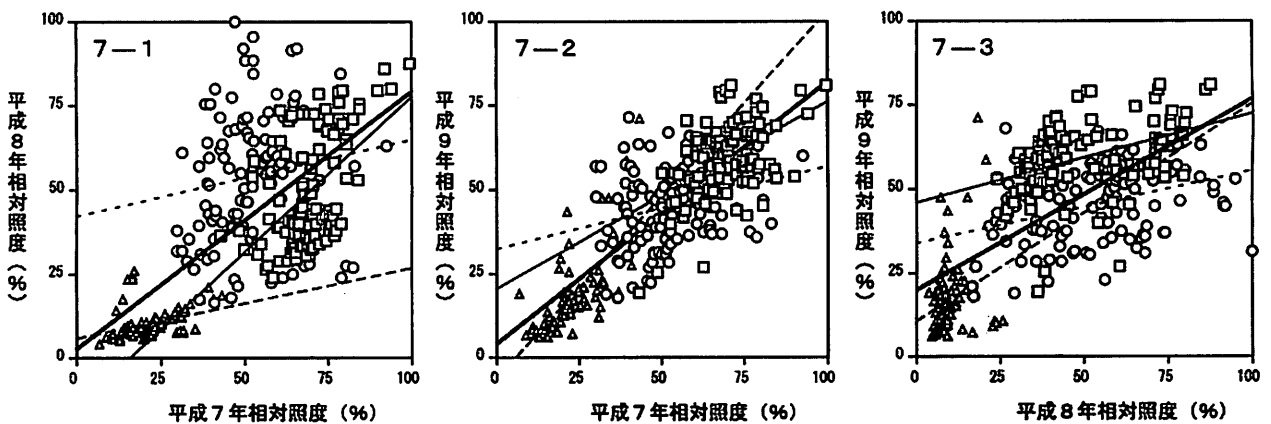


図7 各年度ごとの林内相対照度(瞬間値)の相関

て、照度計を用いて除伐区ごとの林内相対照度の傾向を表すためには、多数の点を測定し、平均値等を集計して比較する必要がある。

これに対し、樹冠下の植栽木の光条件を表す方法として、どの程度植栽木の上部が開空しているかを示す「開空度」を用いる方法が考案された。具体的には魚眼レンズとデジタルカメラ等を組み合わせて全天空写真を撮影し、画像処理と開空部分の重み付け計算を行って、成育期間中の「日射指標 (GLI: Global light Index)」を算出する方法である¹⁰⁾。これは従来の照度計を用いた方法よりも現地の光環境を適切に表現できるとされている。また、プラントキャノピーアナライザー (LAI-2000, Li-cor社製) 等で計測した「葉面積指数 (LAI: Leaf area index)」も森林の粗密を表す指標として用いられている^{11, 12)}。しかし、現段階でGLIやLAIと樹下植栽したアカマツの成育の関連について調査した例は無く、またこれらの方法

を使うことにより林内のある点における相対積算日射量や樹冠葉量の算出は可能であるが、実際に現地での木をどの程度除伐すれば良いかといった施業方法の指針としては使いづらい点がある。

そこで本稿では日射指標GLIや葉面積指数LAIではなく、樹下の光環境を左右する指標として、残存木の樹冠合計面積に注目し、その割合の多少によりアカマツの成育が可能かどうか、そして将来的に上層木へと成育してゆくかどうかを検討した。胸高断面積合計や材積合計も森林状況を表す指標として利用可能であると考えられるが、「太い木、大きい木は樹冠が大きい」という程度の意味で樹下の光環境と関連しているため、あくまで間接的な指標となる。本試験の残存木の樹冠面積と胸高断面積および材積の相関を図8-1~2に示す。相関係数(r^2)はいずれも0.68ないし0.62程度であり、強い相関関係はない。したがって、樹冠面積を胸高断面積または材

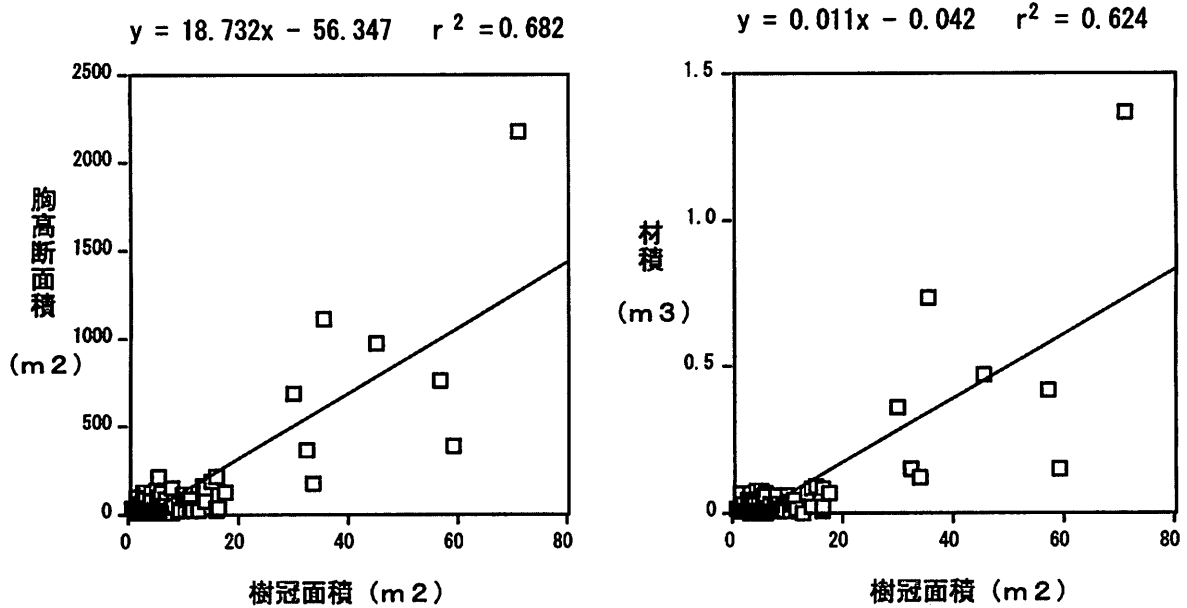


図8 樹冠面積と胸高断面積および材積との相関

積で代替するのは難しいと考えられる。

本試験の結果、中度除伐区以上の率で残存広葉樹を除伐すれば、樹下植栽したアカマツが比較的良好に成育し、上層木となりうることが示された。中度除伐区での残存木の樹冠合計面積率は約64%であり、これ以下の数値になるように残存木の除伐を行えば、残存木樹下の光環境が明るく保たれ、将来的に「アカマツ-広葉樹混交林」へと遷移してゆくと考えられる。一方、本試験における弱度除伐区程度の樹冠合計面積割合では、樹下植栽したアカマツの生存は可能であるが、残存木の枯死によるギャップの形成などで樹下の光環境が改善されない限り、将来的に上層木へと成育するのは困難であると考えられる。

4.2 樹冠合計面積率を利用した施業の問題点

今回のアカマツ樹下植栽試験により、アカマツの成育が可能となる残存木の樹冠合計面積率の値は中度除伐区程度の約60%以下が望ましいという結果が得られているが、この数値はあくまでアカマツ樹下植栽初期（0～9年目）の樹冠合計面積率であり、将来的には残存した樹木も成長して樹冠合計面積率が大きくなると推察される。その場合に下層植栽したマツが十分に成育するかどうかについて検討する必要がある。この場合、残存木の樹種別に樹冠の広がる速度が異なることが考えられるため、林分の構成樹種別の樹冠面積率管理技術といったものが必要になる。

また、本試験では土壌、立地環境条件等の違いによる

マツや広葉樹の成育速度の違いについて検討していない。今回除伐試験を実施したBDd土壌では樹冠合計面積率60%以下が適当であるが、他の土壌、乾性のErやBA、BB、適潤性のBDやBLではこの数値が全く違ってくる可能性もある。さらに、斜面の方位や傾斜、気温や降水量などの地況も光環境や植栽木の成育に大きく影響する。いずれにせよ、アカマツ樹下植栽に関する多くの事例を集めて、マツが成育するのに適切な樹冠合計面積率を算出する必要がある。

実際に施業を行う場合に、樹冠面積の測定は胸高直径の測定などと比べると手間がかかり正確さに欠ける場合が多い。樹冠合計面積率を施業指針として利用するためには、その部分の改善が極めて重要である。一方、近年はレーザーコンパスなどが比較的安価で手に入るようになったため、これらを利用して樹冠の測定効率と精度を向上することが可能となってきた。将来的には胸高直径測定と同等の効率と精度で樹冠を測定でき、除伐木を速やかに決定できるようなシステムを構築することが必要となると考えられる。

5. おわりに

広葉樹を皆伐せずにアカマツを樹下植栽し、アカマツ-広葉樹混交林を造成する方法は、土壌の保持、表土流亡の防止や風致・景観のような森林機能を一定のレベルで維持しながら日標林型への移行を行えるというメリット

がある。また、地ごしらえ面積や植栽本数を少なくできる場合には植栽コストや下刈りの低減にも有利である。抵抗性マツの生産は平成14年度で約14万本となり、今後生産量は増加し、それに伴って植栽面積も増加してゆくと考えられる。その場合、単純な皆伐後植栽だけでなく、森林機能を維持しながら樹種転換を図るアカマツ樹下植栽も行われるが、その場合に本稿で示した手法が役立つと考えられる。残念ながら樹冠合計面積率を利用したアカマツ樹下植栽方法は、現地で利用するには未整備の部分も多いが、広葉樹除伐試験地等で今後さらにデータを集め、より実用的な技術指針として確立したいと考えている。また、広島県では松くい虫被害跡地の詳細な実態調査を行い、残存木の樹冠面積を30ヶ所以上について調査している³⁾。将来的にはこれらのデータを基にして、松くい虫被害跡地における樹冠合計面積率と林内の光環境についての解析を行う必要がある。

6. 謝辞

試験地の設置や管理等については川尻町、呉地域事務所にご協力いただいた。また、平成6年度から9年度までの現地のデータ収集と写真撮影において佐野俊和副主任研究員（森林環境部）、新宅梯二主任（現東広島地域事務所）、平成10年度に実施した松くい虫被害跡地実態調査や試験地でのデータ収集では林業生産部の兵藤博林業生産部長、時光博史主任研究員、吉岡寿主任研究員に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表したい。

引用文献

- 1) 広島県農林水産部林務総室（2002）林務関係行政資料，158pp.
- 2) 兵藤 博・涌嶋 智（1998）縮尺5万分の1林地土壤図の作成（広島県土地分類基本調査），広島県林技セ研報30，39～58.
- 3) 涌嶋 智・兵藤 博（2000）松くい虫被害跡地の実態調査．広島県林技セ研報32，17～52.
- 4) 林野庁計画課編（1970）林野庁計画課編立木幹材積表－西日本編－，日本林業調査会，319pp.
- 5) 土じょう部（1976）林野土壌の分類．林試研報280，1～28.
- 6) 土壤調査法編集委員会編（1978）土壤調査法．522pp. 博友社．東京.
- 7) 池田作太郎・佐野俊和・軸丸祥大（1997）樹下植栽された抵抗性アカマツに発生したマツ材線虫病，森林応用研究6，195～196.
- 8) 林 弥栄（1969）有用樹木図説林木編．472pp. 誠文堂新光社．東京.
- 9) 広島県林技セ平成13年度業務報告（2002）広島県立林業技術センター．67pp.
- 10) Pacala, S.W., Canham, C.D. and Saonara, J. (1996) Forest models defined by field measurements: estimation, error analysis and dynamics. *Ecol. Monogr.*, 66, 1-43.
- 11) 山本晴彦・鈴木義則・早川誠而（1995）プラントキャノピーアナライザーを用いた作物の葉面積指数の推定，日作紀64，No.2，333-335.
- 12) 石井 孝・梨本 真・下垣 久（1998）衛星データによる森林植生計測手法の開発－その2.葉面積指数LAIの推定，電力中央研究所研究報告U98013.