

# 里山林再生手法の開発

2017 年度～2019 年度

岩下幸平

## 要 旨

ブナ科樹木萎凋病によるナラ類の集団枯死が発生した林分の再生を目的とした里山林の施業について、既存の里山林再生施業の効果を明らかにし、里山林の再生手法を開発することを目的とした。「あいち森と緑づくり税」を活用した里山林整備事業地 12 箇所を実態調査を行ったところ、里山林整備事業によって愛知県内の里山林の主要樹種であるコナラの実生は林床に導入されるものの、その後の実生の定着と成長には施業以降の手入れが必要であることが考えられた。今後、花粉症対策樹種の需要が増加する見込みであるため、県内のコナラ実生を用いたコナラ苗の効率的な生産を目的として育苗試験を行った。その結果、施肥量の調整によって現在使用されている 300 cc コンテナではなく 150 cc コンテナでも十分な大きさの苗が 1 年で育苗できることを明らかにした。

## I はじめに

里山林は、薪や炭の生産を目的として短伐期萌芽更新が行われてきた、人為によって形成された林分である（森林総合研究所関西支所 2014）。しかし燃料革命によって薪炭林としての利用頻度が大きく低下すると、管理の行われない里山では林冠の閉鎖によって林床が暗くなり、主要樹種であるアカマツやナラ類の実生の定着が困難となり、代わりにアラカシ等の耐陰性樹種の実生の増加につながった（服部ら 1995）。また林分に残された株が利用されないことで大径化し、カシノナガキクイムシによるブナ科樹木萎凋病の発生につながった（黒田 2011）。里山林の利用頻度低下がこれら里山林の変化の原因であると考えられる。

愛知県では 2009 年から県独自の超過課税として導入している「あいち森と緑づくり税」の用途の一環として、提案型の里山林整備事業を行っている。この事業では地域住民や NPO 等の活動によって維持が期待される里山林に対して、レクリエーション機能や生物多様性の保全といった公益的機能の増加を目的として雑木の除去等が行われて

いるが（愛知県 2013）、整備の効果が里山の健全な更新に寄与しているかについては明らかにされていない。また同じく「あいち森と緑づくり事業」における人工林整備事業においても、2019 年から人工林主伐跡地にて花粉症対策品種の植栽に対し補助を行うこととなっている。花粉症対策品種にはスギ・ヒノキの少・無花粉品種だけでなく広葉樹も含まれており、愛知県の里山の主要樹種であるコナラも含まれるが、スギ・ヒノキと異なりコナラについてその効率的な育苗方法は明らかではない。

そこで本研究では、あいち森と緑づくり事業によって整備された里山林にて植生調査を行い、整備が里山林の更新に与える影響を明らかにした。またコナラについて近年利用が促進されているコンテナ苗での育苗試験を行い、効率的なコナラコンテナ苗の育苗手法を検討した。

## II 方法

### 1. 施業効果モニタリング

里山林整備事業の効果を明らかにするために、

表-1 調査地の概要

市町村	調査地名	施業年
幸田町	大草	2009年
田原市	加治町	2009年
豊橋市	石巻小野田 1	2010年
名古屋市	氷上姉子神社	2010年
春日井市	富士社	2011年
豊橋市	石巻小野田 2	2011年
春日井市	五社大明神社	2012年
豊橋市	石巻小野田 3	2012年
岡崎市	茅原沢	2013年
春日井市	高座山	2013年
豊川市	赤坂町	2014年
名古屋市	島田緑地	2014年

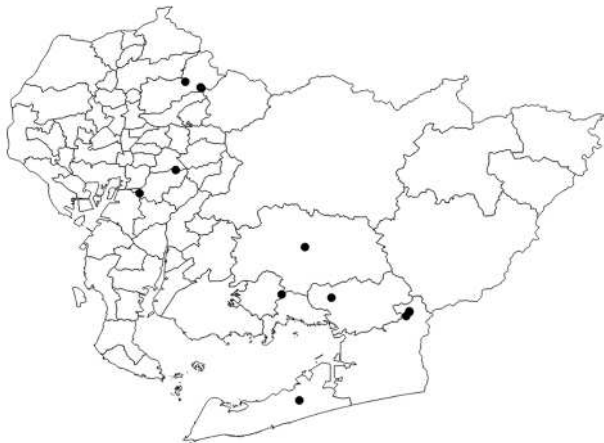


図-1 調査地の位置

里山林整備事業が行われた県内 12 箇所の施業地で 2017 年から 2019 年に、毎年 1 回調査を行った (表-1、図-1)。

調査は立地環境の計測として全天空写真による開空率の評価と、植生の評価として目視による林床植被率の評価、そして調査地内に 100 m<sup>2</sup> の区域を設けライントランセクトによる植生調査を行った。植生調査はつる性でない木本種を対象に、～0.5 m (林床)、～4 m (低木層)、～8 m (中木層)、8 m～ (高木層) の 4 階層について、種ごとに個体数を計数した。現地で種の同定が困難なものは可能な限り持ち帰り同定した。調査にて得られたデータは統計解析を行った。統計解析にはオープンソースソフトウェアである R (R Core Team 2019

ver. 3.6.2) と、そのパッケージである glmmML (ver. 1.1.0)、MASS (ver. 7.3-51.5)、lme4 (ver. 1.1-21)、car (ver. 3.0-6)、vegan (ver. 2.5-6) を使用した。開空率の調査については、処理ソフトウェアである LIA32 (ver. 0.3781 山本 2008) を用いて全天空写真から算出した開空率を応答変数と、施業からの経過年数を説明変数と、調査地名をランダム効果として一般化線形混合モデル (GLMM) を作成した。林床植被率については、林床植被率を応答変数と、施業からの経過年数を説明変数と、調査地名をランダム効果として GLMM を作成した。両者ともパッケージ glmmML にてモデルを作成し、応答変数の誤差構造は二項分布を、リンク関数は logit を適用した。作成したモデルを、パッケージ MASS を用いて AIC (赤池情報量規準) を評価対象に、説明変数である施業からの経過年数を含んだモデルと含まないモデルを比較し、より当てはまりの良いモデルを採択した。植生調査の結果については、まず林床の木本種の多様性を Shannon-Wiener の多様度指数  $H'$  にて評価し (大垣 2008)、得られた多様度指数を応答変数と、施業年からの経過年数を説明変数と、調査地名をランダム効果として GLMM を作成した。応答変数の誤差構造は Gamma 分布を、リンク関数は log を適用した。また林床におけるコナラ個体数を応答変数と、施業からの経過年数を説明変数とした。またコナラは種子の結実年に年変動があり (橋詰 1987)、調査の年ごとに林床のコナラ実生数変動することが考えられたため、調査を行った年と調査地名の 2 つをランダム効果として GLMM を作成した。応答変数の誤差構造は負の二項分布を、リンク関数は log を適用した。上記二つのモデルはパッケージ lme4 にて作成し、作成したモデルについてパッケージ car を用いて Wald 統計量によって説明変数の有意性を検定した。最後に林床の樹種の組成について、樹種ごとの個体数を説明

変数と、その樹種が常緑性であるか落葉性であるか、施業からの経過年数と、常緑性あるいは落葉性と経過年数の交互作用を説明変数とした。そして樹種と調査を行った年と調査地名の3つをランダム効果として GLMM を作成した。応答変数の誤差構造は負の二項分布を、リンク関数は log を適用した。上記二つのモデルはパッケージ lme4 にて作成し、作成したモデルについてパッケージ car を用いて Wald 統計量によって説明変数の有意性を検定した。最後に林床植生の植物相の類似度が施業からの経過年数によって変化するかを、多次元尺度法 (nMDS) をパッケージ vegan によって行うことで検定した。出現した林床の各種個体数×調査年ごとの各調査地の行列をデータとした。各調査回ごとの下層の植物相は地域や調査地、調査年ごとに類似する可能性が高いため、環境データとして調査年ごとの各調査地×地域 (尾張、西三河、東三河)・市町村・調査地名・調査年・施業からの経過年の行列を環境データとして用い、各要素が植物相の類似度に与える影響を検定した。nMDS を行う際、次元は 2 とし、1,000 回の繰り返しによって得られた最も stress 値の低いものを採択した。また今回は 100m<sup>2</sup> における個体数を計数したため、(非)類似度には Chao 指数を用いた (土居・岡村 2011)。作成した行列に対し、環境データを vegan パッケージの envfit 関数を用いることで環境要因の与える影響について、環境要因の並び替えを 1,000 回行い検定した。なお加治町の 2017 年の調査については植生調査の個体数に欠損値があったため、植生のデータを用いる解析について多様性指数の比較以外からは除外した。

## 2. 更新木育成技術の開発

健全なコナラコンテナ苗の高効率生産技術を開発するために、2017 年～2019 年にかけて、次の 3 種の試験を行った。

### A 菌根菌感染苗の成長試験

### B 異なる施肥量における苗の成長試験

### C 異なる肥料・容積における苗の成長試験

なおいずれの試験においても、コンテナ培地の組成はバーク堆肥とココピートを等容積で混合したものを、コンテナ容器にはスリット式のものを用いた。

A 菌根菌感染苗の成長試験は、予備試験においてコンテナ培地にコナラ自生地の土壌を混入した場合、野外と同程度 (5 本中 5 本、同産地野外産コナラ苗でも 5 本中 5 本) に菌根が形成されることを確認したため、コンテナ培地のみの区とコンテナ培地にコナラ自生地の土壌を混入した培地×土壌区、週 2 回の頻度で肥料用硫酸アンモニウム (0.2%, 30 ml) を与えた施肥区と対照区の計 4 区を設定した。試験は小牧県有林のコナラ堅果を、300 cc コンテナで育苗することで行った。育成した苗について、成長期が終了した秋に根本径、苗高、展葉数を計測・計数した。得られたデータについて、以下 4 種の GLM (一般化線形モデル) を作成し、パッケージ car を用いて Wald 統計量によって説明変数の有意性を検定した。根本径、苗高についてはそれぞれを応答変数とし、説明変数は培地条件と施肥の有無とその交互作用、応答変数の誤差構造は Gamma 分布を、リンク関数には log を適用した。展葉数については展葉数を応答変数とし、説明変数は培地条件と施肥の有無とその交互作用、応答変数の誤差構造は負の二項分布を、リンク関数には log を適用した。そして形状比 (苗高/根本径) については苗高を応答変数とし、説明変数は培地条件と施肥の有無とその交互作用、offset 項は根本径を、応答変数の誤差構造は Gamma 分布を、リンク関数には log を適用した。

B 異なる施肥量における苗の成長試験では、無施肥区と、コンテナ培地に緩効性肥料 (ハイコントロール 650 超長期タイプ、ジェイカムアグリ社) を一鉢あたり 2 g, 4 g, 8 g 与えた 4 区で試験を行った。試験は

小牧県有林から得たコナラ堅果と当センターで得たものを、150 cc コンテナで育苗することで行った。その際供試した堅果における虫害の有無を記録した。育苗して得られた根本径、苗高、展葉数のデータについて4種のGLMMをパッケージlme4を用いて作成し、パッケージcarによってWald統計量によって説明変数の有意性を検定した。根本径、苗高についてはそれぞれを応答変数とし、説明変数は施肥量と虫害の有無とその交互作用を、ランダム効果はコナラ堅果を得た場所(小牧県有林か当センター)を、応答変数の誤差構造はGamma分布を、リンク関数にはlogを適用した。展葉数については展葉数を応答変数とし、説明変数は施肥量と虫害の有無とその交互作用を、ランダム効果はコナラ堅果を得た場所を、応答変数の誤差構造は負の二項分布を、リンク関数にはlogを適用した。そして形状比(苗高/根本径)については苗高を応答変数とし、説明変数は施肥量と虫害の有無とその交互作用を、ランダム効果はコナラ堅果を得た場所を、offset項は根本径を、応答変数の誤差構造はGamma分布を、リンク関数にはlogを適用した。

C異なる肥料・容積における苗の成長試験では、コンテナ培地に緩効性肥料(ハイコントロール650超長期タイプ、ジェイカムアグリ社)を一鉢あたり6g, 8g, 10g, 12g与えたものと、同じ養分組成でより溶出日数の短い緩効性肥料(ハイコントロール650360日、ジェイカムアグリ社)を3g, 4g, 5g, 6g与えた8区で試験を行った。試験は当センター額田林木育種地から得たコナラ堅果と当センターで得たものを、150ccコンテナと300ccコンテナの2区で育苗することで行った。育苗して得られた根本径、苗高のデータについて3種のGLMMをパッケージlme4を用いて作成し、パッケージcarを用いてWald統計量によって説明変数の有意性を検定した。根本径、苗高についてはそれぞれを応答変数とし、説明変数はコンテナ容積、肥料の溶出日数、施肥量とその交

互作用を、ランダム効果はコナラ堅果を得た場所(額田林木育種地か当センター)と育苗したコンテナ容器の番号を、応答変数の誤差構造はGamma分布を、リンク関数にはlogを適用した。そして形状比については苗高を応答変数とし、説明変数はコンテナ容積、肥料の溶出日数、施肥量とその交互作用を、offset項は根本径を、ランダム効果はコナラ堅果を得た場所(額田林木育種地か当センター)と育苗したコンテナプレートの番号を、応答変数の誤差構造はGamma分布を、リンク関数にはlogを適用した。

### III 結果

#### 1. 施業効果モニタリング

開空率の結果を図-2に示す。モデル選択の結果、施業からの経過年数を説明変数として用いたモデルが最適だった。施業からの経過年数は開空率に対して負の効果を持っていた(表-2)。林床植被率の結果を図-3に示す。モデル選択の結果、施業からの経過年数を説明変数として用いたモデルが最適だった。施業からの経過年数は林床植被率に対して負の効果を持っていた(表-2)。林床の木本種の多様性の結果を図-4に示す。Wald検定の結果、施業からの経過年数は有意には働いていなかった(表-2)。林床のコナラ個体数の結果を図-5に示す。Wald検定の結果、施業からの経過年数は有意に林床のコナラ個体数を減らしていた(表-2)。林床の木本種の個体数の結果を図-6に示す。Wald検定の結果、対象の樹種が常緑性or落葉性と、経過年数と常緑or落葉の交互作用が有意に影響を与えていた(表-2)。下層の植物相の類似度による配置を図-7に示す。植物相は地域ごとに類似しており、また施業からの経過によって類似度が高くなることがわかった(表-3)。一方で施業からの経過年数は富士社、大草、加治町の3方向へ高くなっており、単純な線形ではな

かった。

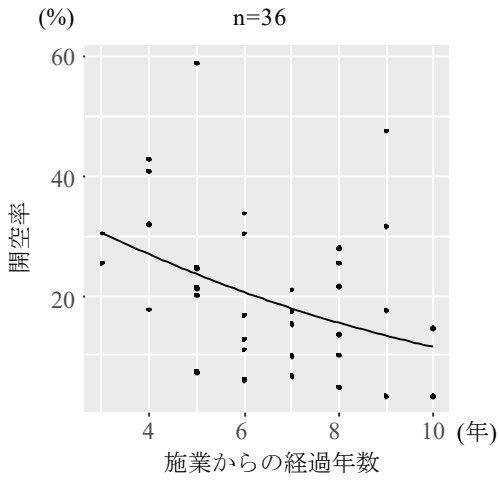


図-2 施業からの経過年数と開空率の関係

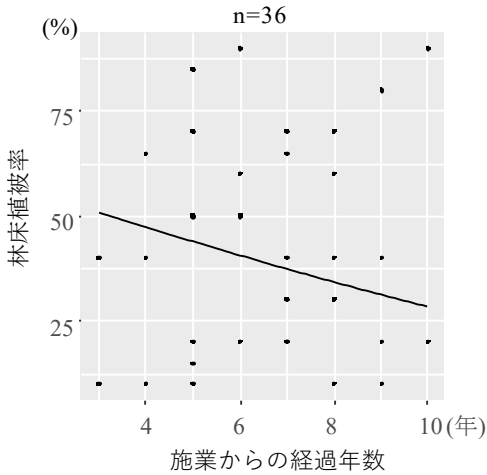


図-3 施業からの経過年数と林床植被率の関係

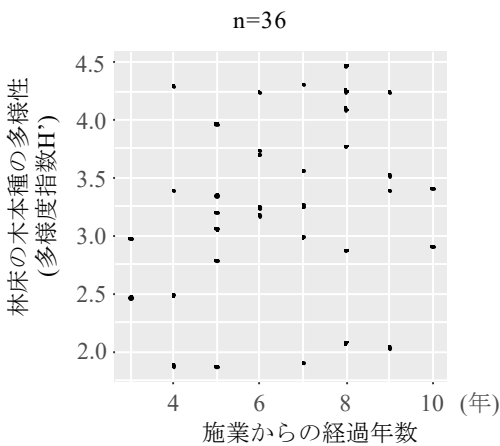


図-4 施業からの経過年数と林床の木本種の多様度指数の関係

表-2 施業での調査における各説明変数が各応答変数に与える影響

応答変数	説明変数	係数±標準偏差	Pr値
開空率	(intercept)	-0.2910±0.3414	0.3940
	整備後の経過年数	-0.1771±0.0462	0.0001
林床植被率	(intercept)	0.4477±0.45263	0.3230
	整備後の経過年数	-0.1376±0.04624	0.0029
コナラ実生数	(intercept)	4.3190±1.0575	$p < 0.001$ ***
	整備後の経過年数	-0.3255±0.1485	$p < 0.05$ *
樹種ごとの個体数	(intercept)	1.8081±0.3585	$p < 0.001$ ***
	整備後の経過年数	-0.0932±0.0476	0.0502
	常緑性 or 落葉性	-0.0985±0.3607	$p < 0.01$ **
	経過年数×常緑 or 落葉	0.0956±0.0453	$p < 0.05$ *

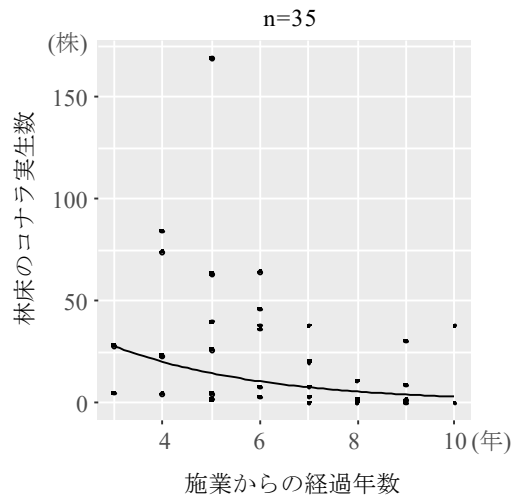


図-5 施業からの経過年数と林床のコナラ実生数の関係

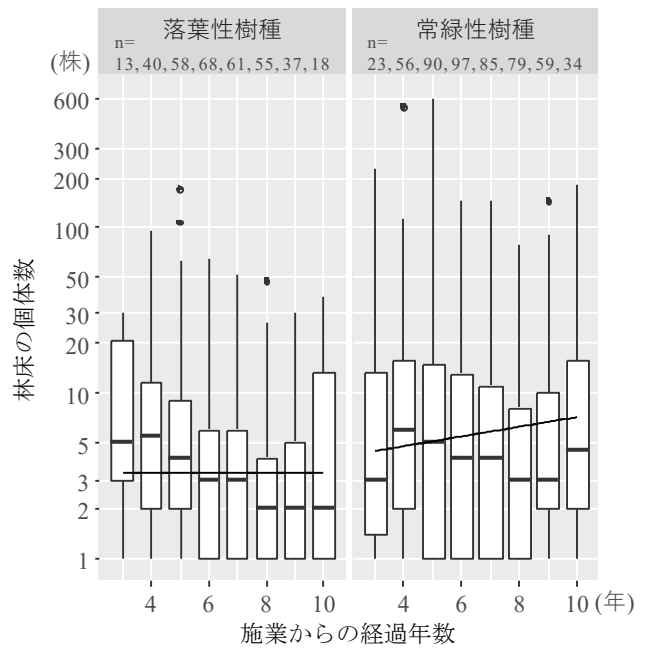


図-6 施業からの経過年数と林床の実生個体数の関係

表-3 類似度に対する環境要因の検定結果

環境要因	r <sup>2</sup>	Pr
調査年	0.012	0.8411
施業からの経過年数	0.423	p<0.001 ***
地域	0.177	p<0.05 *
市町村	0.615	p<0.001 ***
調査地	0.963	p<0.001 ***

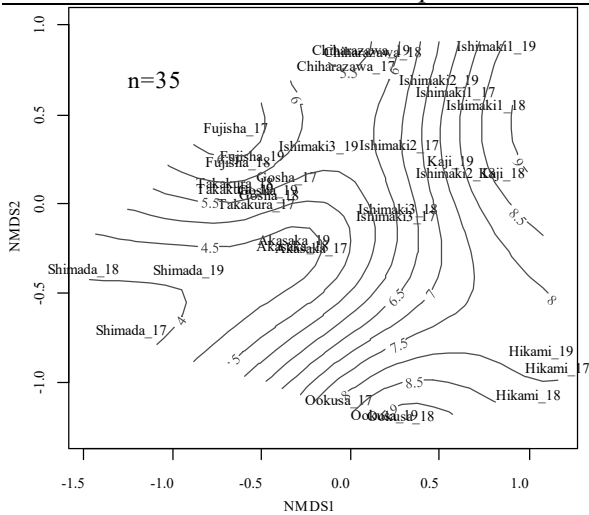


図-7 施業からの経過年数と各調査における林床の木本種の類似度の関係

## 2. 更新木育成技術の開発

A 菌根菌感染苗の成長試験の結果を図-8~図-11に示す。Wald 検定の結果、根本径に対しては施肥が、苗高と展葉数と形状比に対しては施肥と土壌が、いずれも有意に正の影響を与えていた (表-4)。

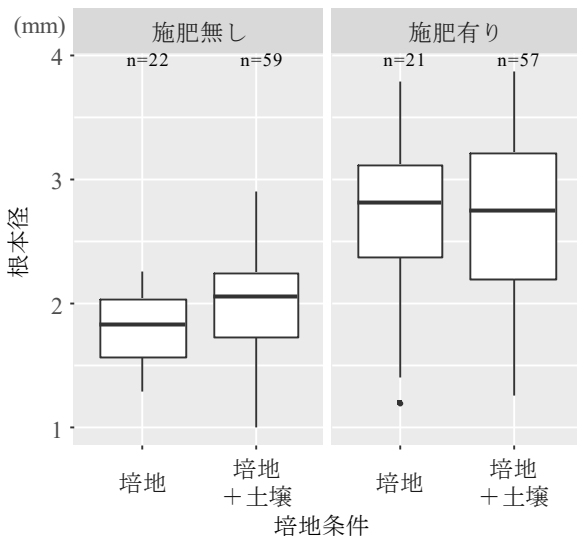


図-8 培地条件と根本径の関係

表-4 Aにおける説明変数と応答変数の関係

応答変数	説明変数	係数±標準偏差	Pr値
根本径	(intercept)	0.5830±0.0459	p<0.001 ***
	施肥	0.3667±0.0657	p<0.001 ***
	土壌	0.1064±0.0538	0.0536
	施肥×土壌	-0.0642±0.0770	0.4039
苗高	(intercept)	2.1932±0.0622	p<0.001 ***
	施肥	0.6855±0.0891	p<0.001 ***
	土壌	0.2224±0.0729	p<0.001 ***
	施肥×土壌	-0.0231±0.1043	0.8244
展葉数	(intercept)	1.8788±0.1263	p<0.001 ***
	施肥	0.9600±0.1678	p<0.001 ***
	土壌	0.0863±0.1473	p<0.01 **
	施肥×土壌	0.3635±0.1950	0.0629
形状比	(intercept)	1.6013±0.0471	p<0.001 ***
	施肥	0.3409±0.0673	p<0.001 ***
	土壌	0.1246±0.0551	p<0.001 ***
	施肥×土壌	0.0263±0.0788	0.7390

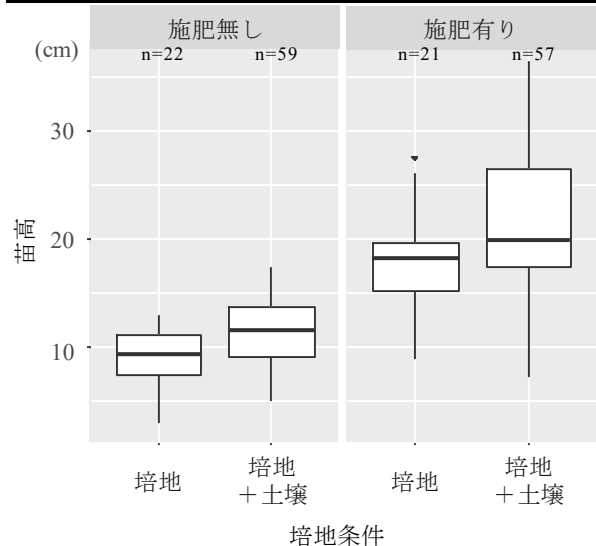


図-9 培地条件と苗高の関係

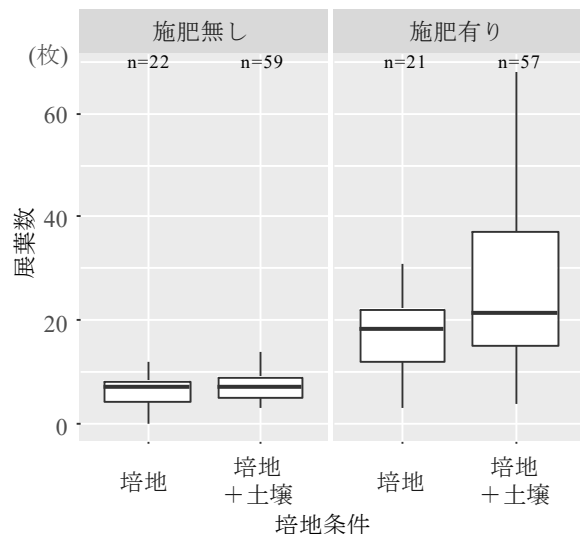


図-10 培地条件と展葉数の関係

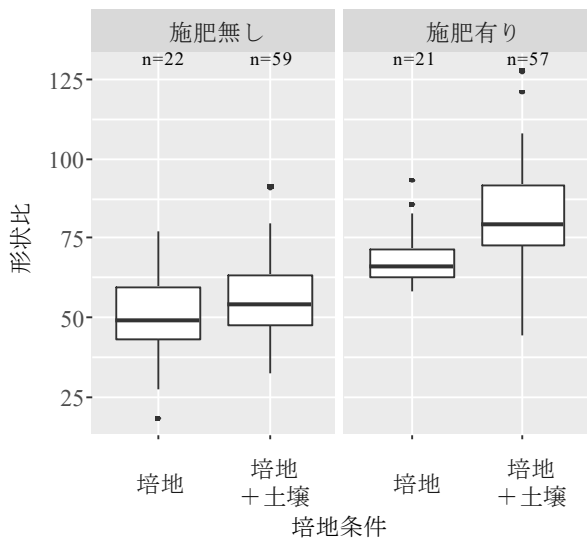


図-11 培地条件と形状比の関係

B 異なる施肥量における苗の成長試験の結果を図-12～図-15 に示す。Wald 検定の結果、根本径、苗高、展葉数、形状比に対して施肥量が正の、虫害が負の影響を有意に与えていた (表-5)。

表-5 Bにおける説明変数と応答変数の関係

応答変数	説明変数	係数±標準偏差	Pr値
根本径	(Intercept)	0.6554±0.1412	$p < 0.001$ ***
	施肥量	0.0687±0.0143	$p < 0.001$ ***
	虫害	-0.2240±0.1120	$p < 0.001$ ***
	施肥量×虫害	-0.0286±0.0245	0.2438
苗高	(Intercept)	2.3281±0.1533	$p < 0.001$ ***
	施肥量	0.1317±0.0218	$p < 0.001$ ***
	虫害	-0.4988±0.1745	$p < 0.001$ ***
	施肥量×虫害	0.0015±0.0394	0.9706
展葉数	(Intercept)	1.9110±0.1569	$p < 0.001$ ***
	施肥量	0.1400±0.0211	$p < 0.001$ ***
	虫害	-0.2936±0.1868	$p < 0.05$ *
	施肥量×虫害	0.0144±0.0378	0.7032
形状比	(Intercept)	1.6433±0.0570	$p < 0.001$ ***
	施肥量	0.0729±0.0141	$p < 0.001$ ***
	虫害	-0.2990±0.1132	$p < 0.001$ ***
	施肥量×虫害	0.0158±0.0254	0.5334

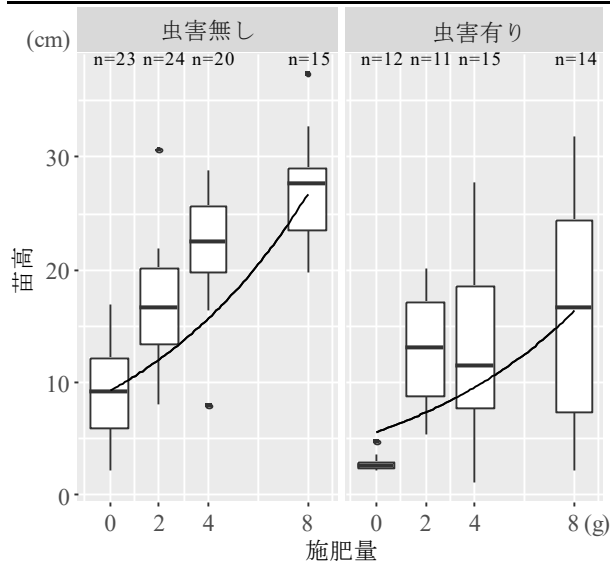


図-13 施肥量と苗高の関係

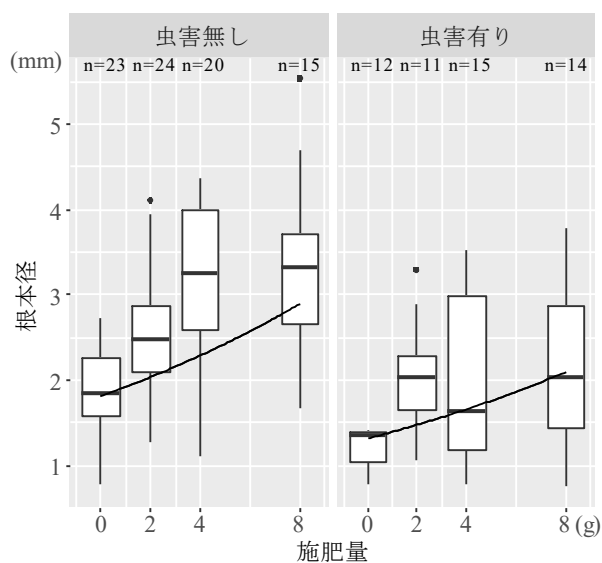


図-12 施肥量と根本径の関係

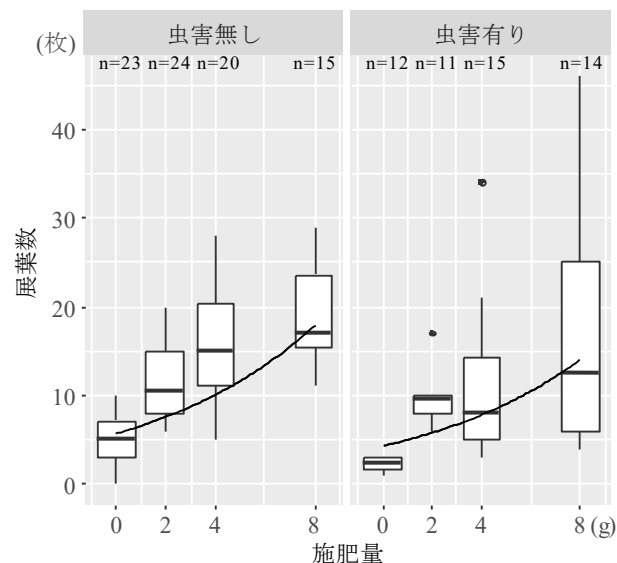


図-14 施肥量と展葉数の関係

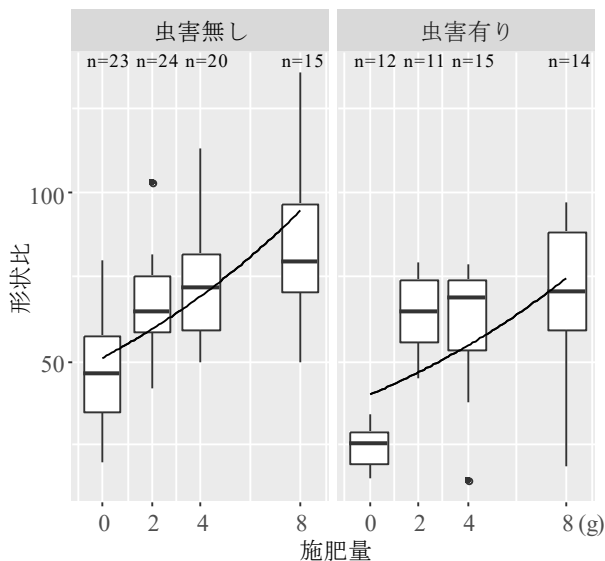


図-15 施肥量と形状比の関係

C異なる肥料・容積における苗の成長試験の結果を図-16～図-18に示す。Wald検定の結果は表-6のとおりであり、根本径に対しては溶出日数と、施肥量と溶出日数の交互作用が正の効果を、苗高に対してはセル容積と溶出日数の交互作用と、施肥量と溶出日数の交互作用が正の効果を、セル容積、溶出日数、施肥量、セル容積と施肥量の交互作用が負の効果を、形状比に対してはセル容積、

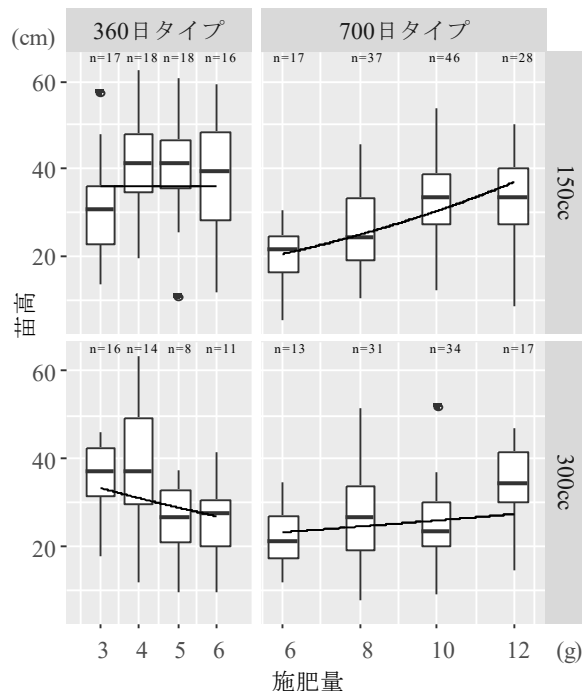


図-17 溶出日数と施肥量と苗高の関係

溶出日数、施肥量が負の効果を持っていた。

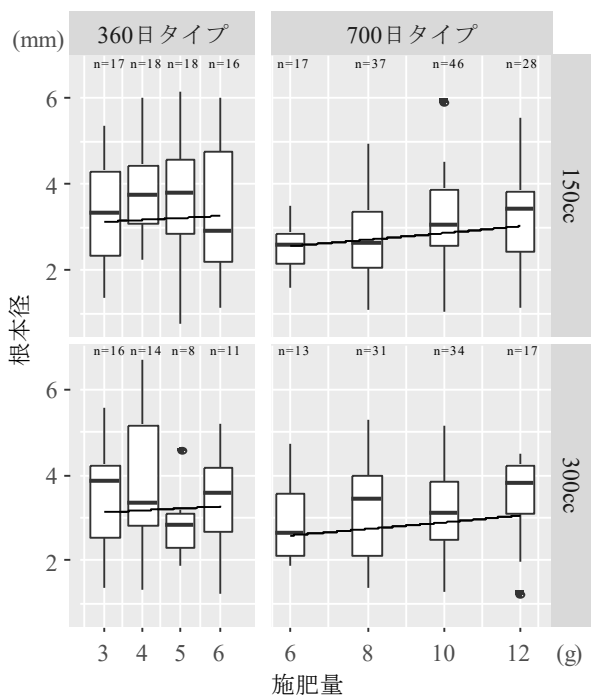


図-16 溶出日数と施肥量と根本径の関係

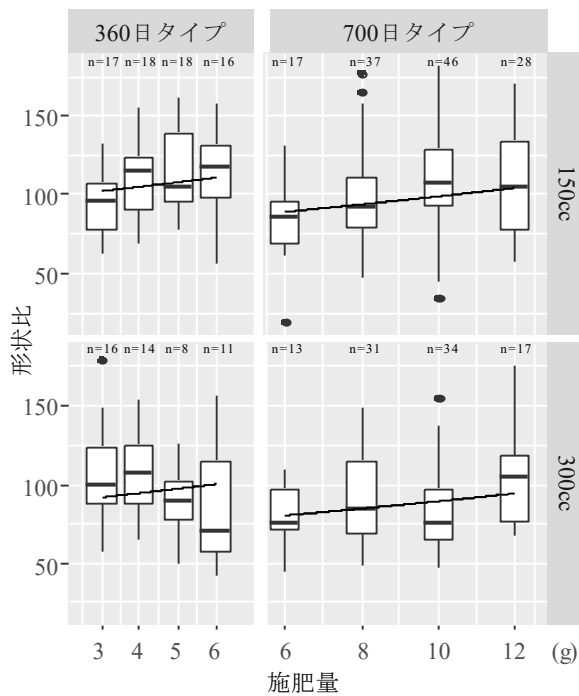


図-18 溶出日数と施肥量と形状比の関係



表一6 Cにおける説明変数と応答変数の関係

応答変数	説明変数	係数±標準偏差	Pr値
根本径	(Intercept)	1.938±0.1967	$p < 0.001$ ***
	セル容積	$(2.466 \pm 7.083) \times 10^{-4}$	0.7791
	溶出日数	$(1.421 \pm 0.277) \times 10^{-3}$	$p < 0.01$ **
	施肥量	-0.6904±0.0254	0.8429
	セル容積×施肥量	$(2.081 \pm 8.68) \times 10^{-5}$	0.8105
	施肥量×溶出日数	$(1.367 \pm 0.171) \times 10^{-5}$	$p < 0.001$ ***
苗高	(Intercept)	5.184±0.4689	$p < 0.001$ ***
	セル容積	$(-2.153 \pm 1.207) \times 10^{-3}$	$p < 0.05$ *
	溶出日数	$(-4.603 \pm 0.999) \times 10^{-3}$	$p < 0.001$ ***
	施肥量	-0.0331±0.0878	$p < 0.001$ ***
	セル容積×施肥量	$(-4.639 \pm 1.982) \times 10^{-4}$	$p < 0.05$ *
	セル容積×溶出日数	$(8.258 \pm 3.399) \times 10^{-6}$	$p < 0.05$ *
形状比	(Intercept)	5.1760±0.3742	$p < 0.001$ ***
	セル容積	$(-2.907 \pm 9.650) \times 10^{-4}$	$p < 0.01$ **
	溶出日数	$(-1.839 \pm 0.795) \times 10^{-3}$	$p < 0.001$ ***
	施肥量	$(-1.075 \pm 6.697) \times 10^{-3}$	$p < 0.05$ *
	セル容積×施肥量	$(-2.323 \pm 1.574) \times 10^{-4}$	0.1399
	セル容積×溶出日数	$(2.301 \pm 2.713) \times 10^{-6}$	0.3963
	施肥量×溶出日数	$(1.257 \pm 0.927) \times 10^{-4}$	0.1752

#### IV 考察

##### 1. 施業効果モニタリング

図-2 から、施業によって開空率は上昇したが、施業から時間が経過するごとに樹冠が閉鎖していくことが確認された。これは施業後林分に残された高木が枝を伸長させたためと考えられる。林床植被率も施業から経過するごとに減少していくことが確認された(図-3)。これは林冠が閉鎖したことによって下層植生に日光が届かず衰退したことによると考えられる。一方で林床植生の多様度指数  $H'$  は施業からの経過年数によって変化しなかった(図-4)。今回用いた多様度指数  $H'$  は全体の個体数に対する各種の個体数の割合によって算出されるものであるが、今回施業からの経過年によって各樹種の個体数の比が大きく変化しなかった、もしくは比の入れ替わり等はあったが指数を大きく変化させるような優占種の消失などはなかったことが考えられる。そして林床の各樹種について、落葉樹は施業からの経過年数によって個体数が変化しないが、常緑樹は増加していくことが確認された(図-6)。また林床におけるコナラの個体数は施業からの経過年数によって減少するこ

とが確認された(図-5)。以上のことから、施業によって林内が明るくなったため林床にはコナラ実生が定着しやすくなったが、林冠の閉鎖にもなって個体数が減少していった。階層別で見た際に低木層のコナラは全調査を通してほとんど確認されなかったことから、林床のコナラの減少は成長による階層の移動ではなく枯死によるものであった。また他の落葉性樹種の中で耐陰性があるものは林床に定着することができた。一方でシイ・カシ類といった耐陰性の強い常緑樹は林床に供給され続けるため、個体数を増加させた。

施業後に照葉樹の実生が増加していることについては、施業によってヒサカキ等の中低木層が除去されたことによって若干林床の光環境が改善したためかもしれない。コナラを主体とした里山林の再生について、掃除伐や間伐といった手法では実生の定着には不十分であり(森林総合研究所関西支所 2014)、皆伐が有効であることが示されている(富山県農林水産総合センター森林研究所 2018)。実際に当センター試験林にて小林(2008)によって 2005 年に行われたコナラ林掃除伐と平行して行われたコナラ林の皆伐地では高密度に実生が定着し、現在でも維持されていることを確認した。よって皆伐による実生の定着による若齢コナラ林の再生は本県でも有用である可能性が高い。下層の植物相について、施業から年数が経過すると植物相が似る方向へ働くことがわかった(表-3)。しかしその方向は単純な線形ではなかった(図-7)。これについては施業からの経過年数が大きい調査地である尾張(富士社等)、西三河(大草)、東三河(加治町等)で、それぞれ植物相が異なっているためだと考えられた。また各地の植物相は地域内で似通っているため(表-3)、今後施業からの経過年数の短い施業地も地域ごとに経過年数の高い施業地の方へ類似していくと考えられる。

## 2. 更新木育成技術の開発

A 菌根菌感染苗の成長試験について、自生地土壌を培地に混入した場合の方が培地のみを使用した場合に比べて成長が良かったが、それ以上に施肥をした場合の方が成長に寄与する影響は大きかった(図-8, 9, 10)。また現地に植栽する場合、現地にて菌根が形成される可能性があるため、成長量への寄与が今回示した程度であれば、育苗段階でコストをかけて菌根形成を促す必要はないと考えられる。一方でヒノキ人工林では林縁から林内へ進むごとに植栽したコナラ苗に形成される菌根が種数・根端数ともに減少するとされており(松田 2012)、育苗中よりも厳しい条件である植栽後の成長に寄与する可能性が考えられる。これについてはあいち森と緑づくり事業にて対象となる人工林皆伐地への植栽試験にて菌根形成の有無による成長の差を今後明らかにする必要があると考えられる。

B 異なる施肥量における苗の成長試験の結果について、虫害のあるコナラ堅果を使用した場合成長が著しく劣ることがわかった。堅果への虫害は主にシギゾウムシ類やハマキガ科 *Cryptaspasma* 属の幼虫によるものが見られた。良質な苗を生産する上で、これら虫害堅果を除去して育成することが重要だと言えるが、シギゾウムシ類による食害は体積が大きいと水選で除去しやすいと考えられる一方で、*Cryptaspasma* 属による食害は胚軸部から食入することで被害体積は少なくとも大きなダメージを与えやすいことが推測された。しかしながら *Cryptaspasma* 属の一種であるクロサンカクモンヒメハマキでは成虫は落葉に産卵するため(上田ら 1993)、孵化した幼虫は自力で堅果に到達すると考えられる。そのため本種からの被害を軽減するためには、母樹下の清掃や堅果の回収頻度を上げることで対処可能かもしれない。

C 異なる肥料・容積における苗の成長試験の結果について、肥料の種類や施肥量、コンテナの容積の間に複雑な交互作用があることがわかった(表-6)。しかしながら実際の図を見てみると、例えば 300 cc の容器にて 360 日タイプの肥料を施肥した区でデータの分布がいびつであり、これは供試した堅果への虫害等によって均一なデータが得られなかった可能性が考えられる。虫害の有無の判定については特に前述の *Cryptaspasma* 属による食害は外見からは判別が難しいため、今回は分離できなかった可能性が高い。また C を実施した 2019 年度は育苗設備の関係上育苗中に殺虫剤等が施用できなかったため、ヒメクロオトシブミ等の食葉性昆虫やアブラムシ類による虫癭形成が確認されていたので、これらによって成長が阻害された可能性もある。今回観察された複雑な交互作用は虫害対策を行った環境下にて再度実施することで評価する必要があるが、少なくとも 150 cc コンテナにて推定値で苗高 30 cm 以上のものが生産できているため(図-17)、本試験での施肥条件は十分活用できると考えられる。河部ら(2018)によれば 300 cc コンテナで元肥を施用した場合の平均苗高が 21 cm、150 cc コンテナでの栽培は元肥を施用した場合 28 cm であった。今回試験したデータについても、150 cc と 300 cc で比較した場合、推定値では 150 cc の方が苗高が高かった(図-17)。これについては、150 cc コンテナと 300 cc コンテナでは前者の方が面積あたりの苗本数が高く密集するため、苗同士の競合により樹高成長が促進されるためだと考えられる。また 150 cc コンテナにて実施した場合、360 日タイプの肥料を 6 g と 700 日タイプの肥料を 12 g で苗高が約 36 cm と同等程度になり、形状比についても大きな差は見られなかった(図-18)。このことから、単純に施肥量でいえば前者の方が少ないため経済的に優れる。参考価格で前者が 10 kg で 5,700 円、後者が

20 kg で 11,400 円であるため、等量あたりの価格は等しく、後者が倍量必要であるため後者での育苗における施肥の価格は倍となる。しかしながら 360 日タイプと 700 日タイプでは後者は溶出日数が育苗期間を過ぎた後も続くため、植栽後も良好な成長が期待される。これについては植栽後の下刈り等の短縮につながる可能性があるため、植栽後 5 年間の坪刈りが定額助成の対象となっているあいち森と緑づくり事業においては下刈り期間の省略に繋がる可能性があり選択肢となりうる。これについては今後現地植栽による比較が必要である。

いずれの試験においても、施肥をする、そして施肥の量が増加するごとに根本径と苗高が高くなることがわかった (図-8, 9, 12, 13, 16, 17)。一方で形状比も施肥量が多くなるにしたがって大きくなり、推定値で高いものは 100 を越していた (図-11, 15, 18)。形状比について、例えばスギでは形状比の高い苗は植栽後樹高より直径成長を優先させることがわかっている (八木橋ら 2016)。施肥によって高くなる形状比がコナラの場合どの程度まで許容されるかは現地にて植栽し裸苗や実生個体と比較する必要があるが、形状比が 120 前後のクヌギのコンテナ苗が裸苗と同等の成長を示した例もあり (小谷・千木 2016)、コナラも同様に問題ないのではないかと考えられる。この事例では曲がり等の形質不良木が多かったとのことであるため、形状比を抑えつつ苗高成長を促進する手法が望まれる。

### 3. コナラ林の再生について

今回の現地調査によって、現状行われている施業のみでは若齢コナラ林の再生は困難であることがわかった。若齢コナラ林の再生には皆伐による実生更新が有効であるが、コナラの結実特性として種子の豊凶があるため、計画的な皆伐による更新は困難である。そこで本研究の後半にて行った

効率的な育苗手法の開発にて生産した苗を現地に植栽することで計画的な若齢コナラ林の創出が可能となると考えられる。

### 引用文献

- 愛知県農林水産部農林基盤担当局森林保全課 森と緑づくり推進室 (2013) 山から街まで緑豊かな愛知をめざして. URL : <https://www.pref.aichi.jp/soshiki/shinrin/0000060680.html>
- 土居秀幸・岡村寛 (2011) 生物群集解析のための類似度とその応用: R を使った類似度の算出、グラフ化、検定. 日本生態学会誌 61 : 3-20
- 橋詰隼人 (1987) 自然林におけるブナ科植物の生殖器官の生産と散布. 広葉樹研究 4 : 271-290
- 服部保・赤松弘治・武田義明・小舘誓治・上甫木昭春・山崎寛 (1995) 里山の現状と里山管理. 人と自然 6 : 1-32
- 河部恭子・清川雄司・今野幸則 (2018) 海岸林再生に向けた広葉樹の育苗技術に関する研究. 宮城県林業技術総合センター研報 27 : 9-24
- 小林元男 (2008) 里山の植生遷移に関する研究. 愛知県森林セ報 45 : 17-32
- 小谷二郎・千木容 (2016) M スターコンテナによるクヌギ植栽苗の 3 年間の成長ービニールポット苗および裸苗との比較ー. 中部森林研究 64 : 11-12
- 黒田慶子 (2011) ナラ枯れの発生原因と対策. 植物防疫 63 (3) : 28-31
- 松田陽介 (2012) ヒノキ林における外生菌根菌の分布. (広葉樹林化ハンドブック 2012. 森林総合研究所四国支所編, 西村膳写堂). 18
- 大垣俊一 (2008) 多様度と類似度、分類学的新指標. Argonauta 15 : 10-22
- RCoreTeam (2019) R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for

Statistical Computing, Vienna, Austria. URL :

<https://www.R-project.org/>.

森林総合研究所関西支所 (2014) 里山管理を始めよう. 創文堂印刷

富山県農林水産総合センター森林研究所 (2018)

コナラ林更新伐のすすめ方. URL :

[http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/shinrin/webfile/t1\\_044d784ea953054cf330210cee0407e2.pdf](http://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/shinrin/webfile/t1_044d784ea953054cf330210cee0407e2.pdf)

上田明良・五十嵐正俊・伊藤賢介 (1993) アラカシ・シラカシ・マテバシイの堅果に対する虫害(II)－落下後堅果への昆虫の加害時期と程度－. 日本林学会論文集. 104 : 681-684

八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田健・落合幸仁 (2016) スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係. 日本森林学会誌. 98 : 139-145

山本一清 (2008) LIA32 ver. 0.3781. URL :

<http://www.agr.nagoya-u.ac.jp/~shinkan/LIA32/download.html>.