

低コスト造林地のモニタリング

2016 年度～2018 年度

釜田淳志 中島寛文*

要 旨

人工林の循環利用を進めていくうえで、とくに造林初期における低コスト化が求められる。本研究では低密度植栽および下刈りの省略による低コスト化の有効性について調査を行った。2001年に愛知県森林・林業技術センター試験林に1,500本/ha、2,000本/ha、3,000本/haで植栽し、下刈区・無下刈区を設定したヒノキ人工林において、植栽後16年経過した植栽木の生育や形質等を調査した。その結果、樹高成長については植栽密度および下刈りの有無との関係性はみられなかった。胸高直径については、植栽密度が低いほど有意に大きく、下刈区で有意に大きかった。形質等については低密度植栽について問題は少なく生育についても問題がなかった。愛知県内各地の低密度植栽実証地における生育状況調査から、ニホンジカによる食害、競合する雑草木の侵入の程度や、獣害対策資材の倒れ等が低コスト造林における大きな制限要因となる可能性が考えられた。これらの制限要因を抑制できる場合において、低密度植栽と下刈りの省略をあわせた低コスト造林は有効な手段となり得ることが示唆された。

I はじめに

全国的に伐期を迎えた人工林資源量が充実しており持続的に木材資源を循環利用していくうえで、皆伐後の再造林が不可欠となる。しかしながら、木材価格の低迷が続き林業経営の採算性の悪化が続く中で、造林・保育経費の低コスト化が求められている。人工林の育林経費の約9割が初期保育の段階で必要となるという報告もあり（林野庁2018）、造林初期におけるコストの削減は、林業経営の低コスト化を図るうえで重要となる。

これまで、低密度植栽と下刈りの省力化を組み合わせ合わせた技術の開発のため、2001年に当センター試験林においてヒノキ人工林試験地が造成され、その生育状況等の調査が行われている（白井ら2003、中西2012）。本研究では、第1回間伐実施前の状況において生育状況等を調査し、低密度植栽と施業の省力化をあわせた低コスト造林の有用性について評価することを目的とした。また、2008年から2010年にかけて愛知県内各地で低密

度植栽の実証地が設けられており、樹高等の生育状況が調査されている。これらの地域での調査結果を取りまとめることにより、愛知県内で低密度植栽を行う場合の留意点について検討した。

II 方法

1. 低密度植栽試験地における生育状況等調査

(1) 試験地概要

試験林の位置を図-1に、試験林内に造成された試験地の各処理区の配置を図-2に、立地条件を表-1に示す。試験地はヒノキ林で、標高280～300m、北北西向き緩斜面に位置する。試験地では無下刈区と下刈区が設定され、2001年3月に各区に1,500、2,000、3,000本/haで3年生苗が各密度2箇所プロットを設けて植栽された。下刈区では、下刈が2001年8月及び2002年7月に行われた。

(2) 生育状況調査

各プロットにおいて継続調査をしている5本の

植栽木の樹高、胸高直径、枝下高、つる被害の有無、樹幹形状の良不良の調査を行った。樹幹形状調査については図子・嘉戸(2015)を参考とした。

(3) 統計解析

樹高、胸高直径、枝下高、つる被害率、形状不良木率を応答変数とし、植栽密度、下刈りの有無を説明変数とした GLM を作成した。樹高、胸高



図-1 試験林の位置

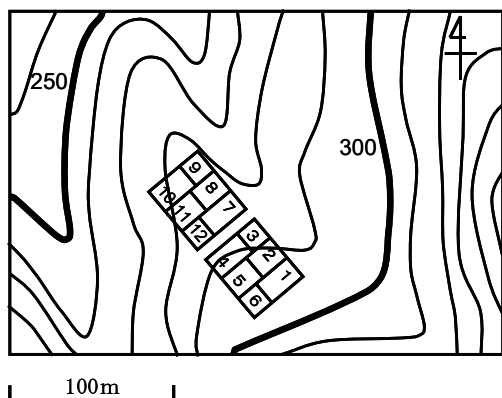


図-2 試験地の各処理区の配置

表-1 各処理区の施業および立地条件

プロットNo	植栽密度 (本/ha)	下刈有無	土壌型	母材	土壌層位厚 (cm)
1	1,500	下刈有	B _c	結晶片岩	100以上
2	2,000	下刈有	rB _B	結晶片岩	約80
3	3,000	下刈有	R _B	結晶片岩	40未満
4	1,500	下刈有	R _B	結晶片岩	約60
5	2,000	下刈有	B _c	結晶片岩	100以上
6	3,000	下刈有	B _c	結晶片岩	約60
7	1,500	下刈無	rB _B	結晶片岩	30未満
8	2,000	下刈無	R _B	結晶片岩	100以上
9	3,000	下刈無	rB _c	結晶片岩	30未満
10	1,500	下刈無	B _{D(d)}	結晶片岩	20未満
11	2,000	下刈無	B _{D(d)}	結晶片岩	約80
12	3,000	下刈無	rB _c	結晶片岩	40未満

直径、枝下高の誤差構造はガンマ分布(リンク関数は log)、つる被害率、形状不良木率の誤差構造は二項分布(リンク関数は logit)を用いた。このモデルにおいて尤度比検定を行い、各説明変数の有意性を解析した。解析には統計解析ソフト R (R version 3.3.1) を用いた。

2. 県内低密度植栽実証地の生育状況等調査

(1) 実証地概要

県内において2008年3月~2010年3月に植栽した、低密度植栽実証地の位置を図-3に、概要を表-2に示す。

(2) 現況調査

各実証地において、2016年1月~2019年2月に県内各農林水産事務所で植栽木の生存率およびニホンジカ(以下、シカ)等による食害調査を行っており(毎木調査および抽出調査)、そのデータの提供を受けとりまとめた。なお、設楽町津具怒三堤についてはデータが無かったため10m×10mのプロットを4か所設置し毎木調査を行い、植栽木の生存率(生存本数/調査本数)、食害率(食害本数/生存本数)を算出した。また単木保護の資材について、植栽木の生育に影響があると考えられる倒れ、破損および傾き等の不具合の有無について調査を行い、単木保護不具合率(不具合本数/調査本数)を算出した。

また、東栄町振草上栗代、豊田市宇連野町、豊田市神殿町の実証地において、各プロットおよび主な植栽木ごとに、標準的な樹高を持つ造林木1本を伐採し樹幹解析を行った。

(3) 植生調査

設楽町津具怒三堤、東栄町振草上栗代、豊田市宇連野町、豊田市神殿町の実証地において、2017年10月に1m×100mのトランセクトを設置し、階層別(草本層~50cm、中間層(草本層と林冠層の間)、林冠層)の植被率および木本の出現樹種を記録した。

表－２ 低密度植栽実証地の概要

場所	標高 (m)	斜面方位	植栽年月	植栽樹種	植栽密度	施業等履歴
設楽町津具怒三堤	910	北	2010年3月	ヒノキ, 少花粉スギ	1,500本/ha, 2,000本/ha等	2010年: 坪刈り
東栄町振草上粟代	520	北北西	2009年3月	スギ, 少花粉スギ	1,000本/ha, 1,500本/ha	2015年: 下刈り
豊田市宇連野町	710	南東	2008年3月	ヒノキ, スギ	1,000本/ha, 1,500本/ha, 2,000本/ha	2010, 2011, 2012年: 坪刈り
豊田市神殿町	480	南東	2010年3月	コナラ, クスギ等	1,000本/ha	2011, 2012年: 坪刈り・つる切り, 2010~2013年: 網補修
豊田市閑羅瀬町	240	北北西	2010年3月	スギ, ヒノキ等	1,000本/ha	2011~2017年: 坪刈り等, 2010~2014年: 網補修
岡崎市小久田町	280	北東	2010年3月	ヒノキ	1,500本/ha	2010~2017年: 坪刈り+網補修



図－３ 低密度植栽実証地の位置

3. 立地環境調査

(1) 周辺林分調査

低密度植栽実証地の設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代、豊田市宇連野町、豊田市神殿町において実証地周辺の各林分について、スギ・ヒノキ人工林、広葉樹林等の割合について調査を行った。

(2) 土壌調査

低密度植栽試験地および低密度植栽実証地の設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代、豊田市宇連野町、豊田市神殿町において各1箇所土壌断面を作成し、土壌調査を行った。また、土壌の物理性を調べるための土壌円筒と化学性を調べるための土壌を、層位毎にそれぞれ採取した。土壌の物理性として、透水性は定水位透水試験により、保水性は加圧板法により調べた。土壌の化学性として、土壌の電気伝導率 (EC)、土壌 pH、土壌の全炭素、全窒素を調べた。土壌 EC、土壌 pH は、採取した土壌と水を 1 : 5 の割合で混合して 1 時間

攪拌した試料を用い、ECメーター (D-24, HORIBA) および、pHメーター (F-52, HORIBA) で測定した。土壌の全炭素・全窒素含有量は、CNコーダー (MT-700HCN, Yanaco) により分析した。

(3) 環境調査

低密度植栽実証地の設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代、豊田市宇連野町、豊田市神殿町において温度・照度ロガー (CO-UA-002, Onset) を地上高 1m の位置に設置し、2017年6月から9月にかけて温度と照度を1時間間隔で記録した。また、土壌水分センサー (ECH₂O EC-5, Decagon) と電圧ロガー (LR5042, 日置電機株式会社) を用いて土壌水分を1時間間隔で記録した。

III 結果

1. 低密度植栽試験地における生育状況等調査

試験地における造林木の樹高、胸高直径、枝下高、つる被害率および形状不良木率を図－4、5、6、7、8に示す。

樹高について、植栽密度および下刈りの有無との関係性はみられなかった (表－3)。平均樹高は下刈りの有無によらず 1,500本/ha で約 11m、2,000本/ha で約 12m、3,000本/ha で約 12m であった。

胸高直径については、植栽密度が低いほど胸高直径が有意に大きく (P<0.001)、また無下刈区に比べて下刈区で有意に大きかった (P<0.001) (表－4)。無下刈区において 1,500本/ha、2,000本/ha、3,000本/ha でそれぞれ平均値が、16.0cm、15.0cm、12.6cm となり、下刈区において 1,500本/ha、2,000本/ha、3,000本/ha でそれぞれ平均値が、19.3cm、17.0cm、14.2cm となった。

枝下高については、各区で平均値 99cm～149cm となった。植栽密度との有意な関係性はみられなかったが、下刈りに比べて無下刈りで有意に高かった ($P<0.05$) (表-5)。

つる被害率については、各区で 0%～30%であった。植栽密度および下刈りの有無との関係性はみられなかった (表-6)。

形状不良木率については、各プロットで 10%～

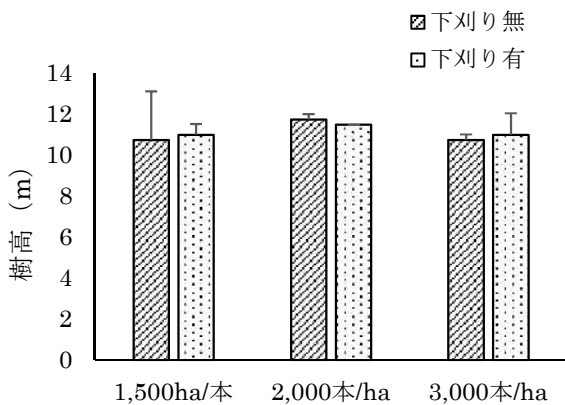


図-4 各植栽密度区の平均樹高と標準偏差

表-3 各説明変数が樹高に及ぼす影響

説明変数	係数±標準偏差	t値	Pr値
(Intercept)	2.427±0.049	49.525	<0.001
植栽密度	-0.00009±0.000021	-0.47	0.6419
下刈り	0.007516±0.02613	0.288	0.7736

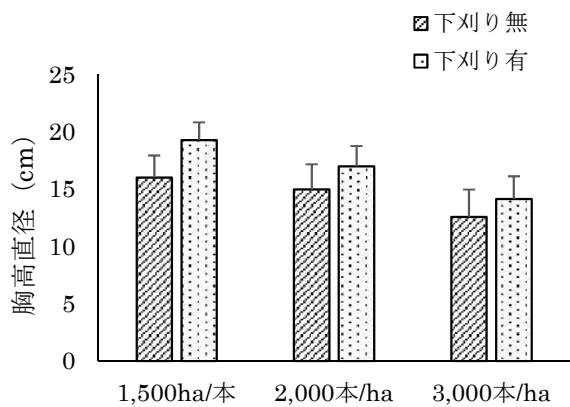


図-5 各植栽密度区の平均胸高直径と標準偏差

表-4 各説明変数が胸高直径に及ぼす影響

説明変数	係数±標準偏差	t値	Pr値
(Intercept)	3.068±0.064	47.926	<0.001
植栽密度	-0.000182±0.000027	-6.682	<0.001
下刈り	0.1430±0.03413	4.189	<0.001

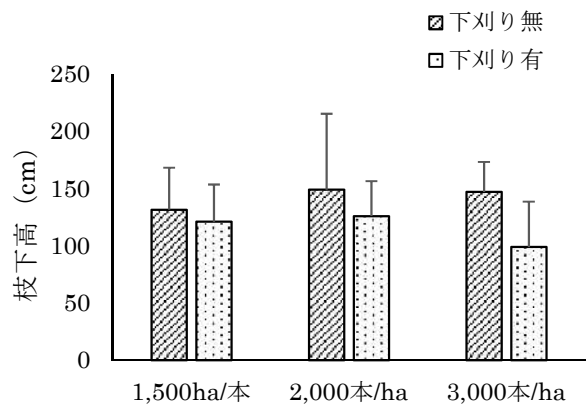


図-6 各植栽密度区の平均枝下高と標準偏差

表-5 各説明変数が枝下高に及ぼす影響

説明変数	係数±標準偏差	t値	Pr値
(Intercept)	5.053±0.151	33.29	<0.001
植栽密度	-0.00004±0.00006	-0.658	0.5134
下刈り	-0.2149±0.08093	-2.655	0.0103

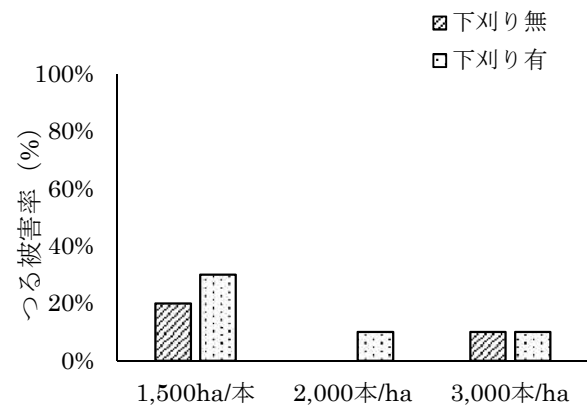


図-7 各植栽密度区の平均つる被害率

表-6 各説明変数がつる被害率に及ぼす影響

説明変数	係数±標準偏差	t値	Pr値
(Intercept)	-1.130±2.218	-0.51	0.61
植栽密度	-0.00051±0.00105	-0.482	0.247
下刈り	1.4499±2.9038	0.499	0.4406

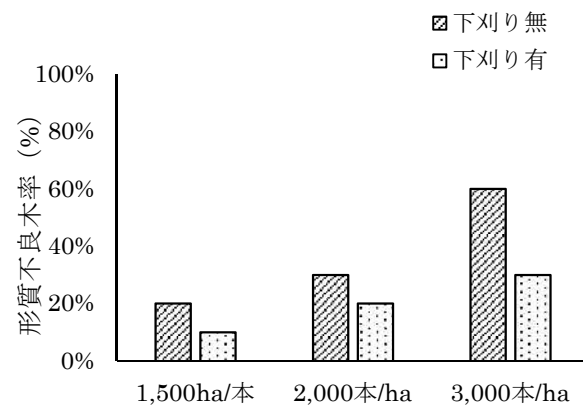


図-8 各植栽密度区の平均形状不良木率

表－7 各説明変数が形状不良木率に及ぼす影響

説明変数	係数±標準偏差	t値	Pr値
(Intercept)	-3.229±1.526	-2.115	0.0344
植栽密度	0.001208±0.000649	1.859	0.02936
下刈り	0.05323±2.3547	0.023	0.13328

60%であった。下刈りの有無との有意な関係性はみられなかったが、植栽密度が高いほど有意に高かった (P<0.05) (表－7)。

2. 県内低密度植栽実証地の生育状況等調査

(1) 植栽木の生存および食害状況

各実証地における植栽木の生存率および食害率について表－8に示す。各地で海苔網を用いた防護柵や単木保護の獣害対策を実施していた。植栽木の調査時点における生存率は各調査地やその調査区で様々であり 5.6%～100%であった。食害率も同様に調査地および調査区により様々で 0%～100%であったが、ほとんどの地域で獣害対策をしていたが、食害を受けているという実態であった。また、設楽町津具怒三堤において単木保護の不具合率は71～100%と高かった。

(2) 植栽木の生育状況

東栄町振草上粟代、豊田市宇連野町、豊田市神殿町で伐採した標準木の樹幹解析により算定した樹高成長過程および地上 0.2m 根元径の成長過程について図－9、10、11に示す。

東栄町振草上粟代では10年生時点で少花粉スギにおいて樹高と地上 0.2m 根元径がそれぞれ1.0

～2.2m、0.6～2.8cmであり、通常スギではそれぞれ2.6～4.1m、3.6～7.7cmであり、いずれも低位であった。豊田市宇連野町では10年生時点でヒノキについて樹高と地上 0.2m 根元径がそれぞれ6.0～7.2m、10.3～14.1cmであり、通常スギではそれぞれ9.6m、16.3cmであった。豊田市神殿町では8年生時点でクヌギでは樹高と地上 0.2m 根元径がそれぞれ6.8～10.8m、7.1～9.1cmであり、コナラではそれぞれ5.9m、7.0cmであった。

設楽町津具怒三堤、豊田市閑羅瀬町、岡崎市小久田町においては樹高及び根元径が表－9に示すとおりとなった。なお、岡崎市小久田町について根元径は未調査であった。

(3) 植生調査

各実証地における階層ごとの植被率について図－12に示す。また、階層ごとの出現樹種について図－13に示す。設楽町津具怒三堤では植栽木は中間層、草本層に分布をしており、林冠層の木本(タラノキ)および草本(ススキ)の被圧を受けていた。東栄町振草上粟代では植栽木は林冠層および中間層に分布しており、林冠層の構成としては草本(ススキ)が半数以上を占めていた。豊田市宇連野町では植栽木が林冠層の90%を占めていた。豊田市神殿町では林冠層に植栽木が2/3程度占めており、他はアカメガシワ、クサギなどの木本であった。植栽木の一部は、中間層にも分

表－8 低密度植栽実証地における植栽木の生存率および食害率等

場所	調査年月	主な植栽樹種	植栽密度	調査本数	枯死本数	食害本数	単木保護不具合本数	生存率	食害率	単木保護不具合率	獣害対策
設楽町津具怒三堤	2018年10月	ヒノキ	1,500本/ha, 2,000本/ha	24	5	13	24	79.2%	68.4%	100%	短尺ネットH=77cm
		少花粉スギ	1,500本/ha, 2,000本/ha	21	1	11	15	95.2%	55.0%	71%	短尺ネットH=77cm
		ヤマザクラ	1,500本/ha, 2,000本/ha	11	1	10	11	90.9%	100.0%	100%	短尺ネットH=77cm
東栄町振草上粟代	2016年2月	スギ	1,000本/ha	310	40	15	—	87.1%	5.6%	—	海苔網、ウッドガードH=70cm、ヘキサチューブH=70cm
		少花粉スギ	1,500本/ha	440	151	108	—	65.7%	37.4%	—	海苔網、ウッドガードH=70cm、ヘキサチューブH=70cm
豊田市宇連野町	2016年3月	ヒノキ	1,000本/ha	130	12	0	—	90.8%	0.0%	—	ヘキサチューブH=1.8m
		ヒノキ	1,500本/ha	195	6	2	—	96.9%	1.1%	—	海苔網
		ヒノキ	2,000本/ha	320	83	5	—	74.1%	2.1%	—	海苔網
		スギ	1,500本/ha	225	34	6	—	84.9%	3.1%	—	海苔網
豊田市神殿町	2016年1月	コナラ	1,000本/ha	70	5	26	—	92.9%	40.0%	—	海苔網、筒状短尺ネットH=77cm
		クヌギ	1,000本/ha	53	4	8	—	92.5%	16.3%	—	海苔網、筒状短尺ネットH=77cm、筒状短尺チューブH=70cm
豊田市閑羅瀬町	2019年2月	スギ	1,000本/ha	27	1	3	—	96.3%	11.5%	—	海苔網、サブリアガード
		スギ	1,000本/ha	16	0	0	—	100.0%	0.0%	—	海苔網、サブリアガード
岡崎市小久田町	2018年12月	ヒノキ	1,500本/ha	71	38	33	—	46.5%	100.0%	—	海苔網
		ヒノキ	1,500本/ha	70	21	42	—	70.0%	85.7%	—	海苔網、ヘキサチューブH=70cm
		ヒノキ	1,500本/ha	70	20	5	—	71.4%	10.0%	—	海苔網、幼齡木ネットH=1.6m
		ヒノキ	1,500本/ha	54	51	—	—	5.6%	—	—	

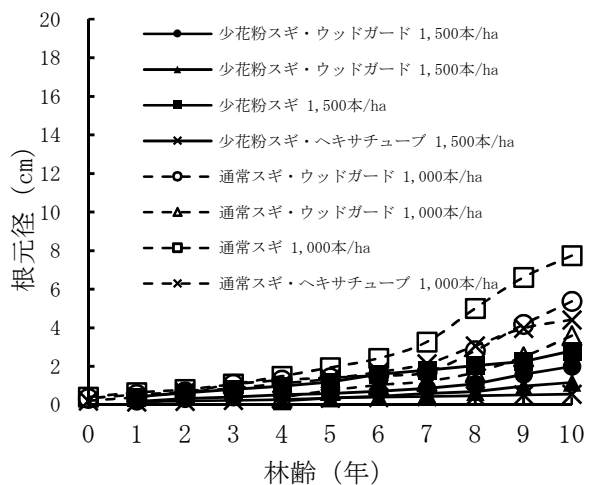
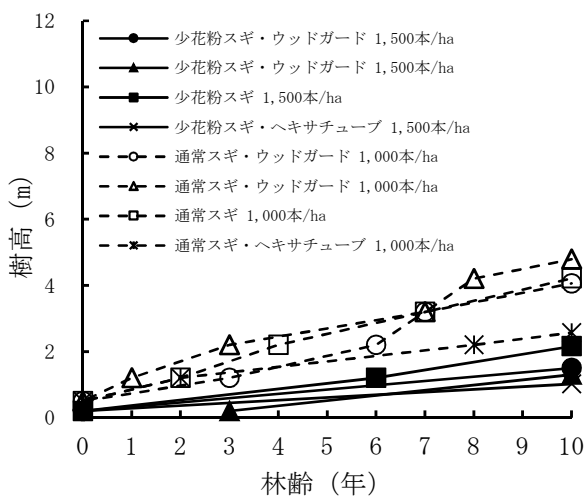


図-9 東栄町振草上粟代植栽標準木の樹高成長過程および地上0.2m根元径成長過程
(※林齢は植栽後に経過した成長期の数を示す。)

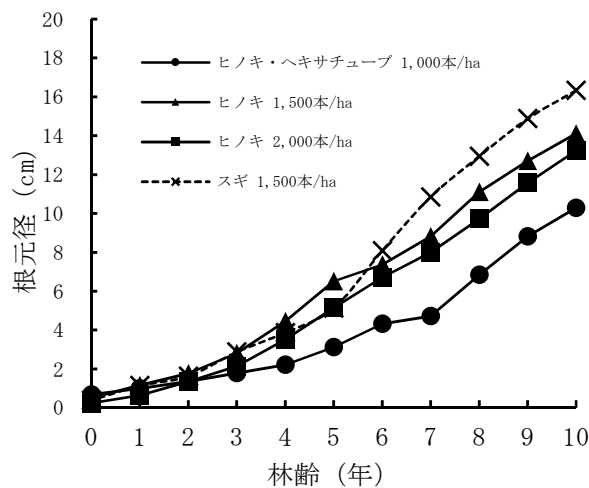
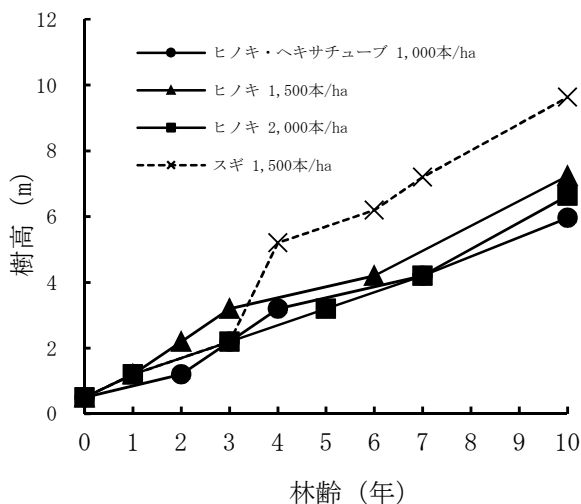


図-10 豊田市宇連野町植栽標準木の樹高成長過程および地上0.2m根元径成長過程
(※林齢は植栽後に経過した成長期の数を示す。)

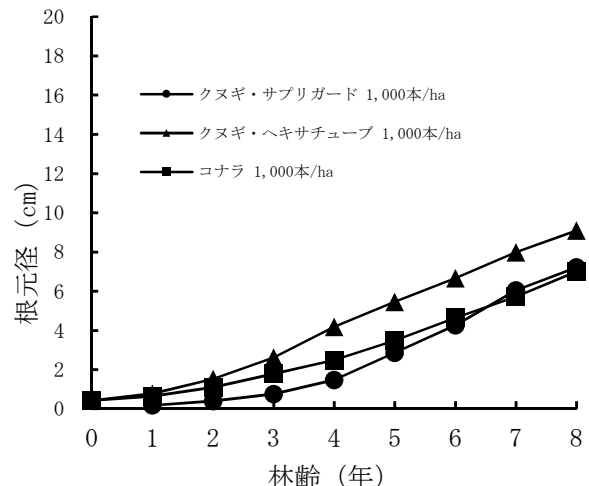
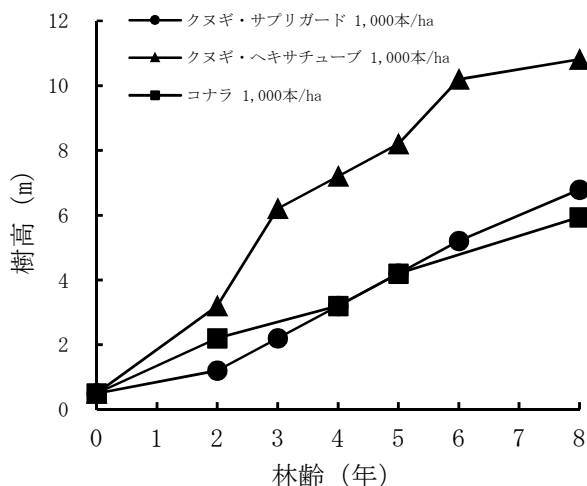


図-11 豊田市神殿町植栽標準木の樹高成長過程および地上0.2m根元径成長過程
(※林齢は植栽後に経過した成長期の数を示す。)

表－9 設楽町津具怒三堤、豊田市閑羅瀬町、岡崎市小久田町における植栽木の樹高および根元径

場所	調査植栽木	林齢	調査本数	平均樹高±標準偏差 (cm)	平均根元径±標準偏差 (cm)	備考
設楽町津具怒三堤	ヒノキ	8	19	63.2±12.0	1.4±0.2	
	少花粉スギ	8	20	117.8±44.9	2.3±0.6	
豊田市閑羅瀬町	スギ	8	25	433.1±269.1	7.7±6.3	裸苗
	スギ	8	16	497.4±50.2	8.3±1.6	セラポッド
岡崎市小久田町	ヒノキ	8	33	170.6±83.3	—	
	ヒノキ	8	49	248.7±83.3	—	ヘキサチューブH=70cm
	ヒノキ	8	50	241.8±81.4	—	幼齡木ネットH=1.6m

布していた。

なお、設楽町津具怒三堤および東栄町振草上粟代においては、中間層あるいは草本層にシカの嗜好性植物であるアセビが多数出現していた。

3. 立地環境調査

(1) 周辺林分調査

低密度植栽実証地における周辺林分の林相構成について図－14に示す。豊田市宇連野町では周辺林分はすべてスギ・ヒノキ林が占めていた。設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代、豊田市神殿町はそれぞれスギ・ヒノキ林が半数以上で残りを針広混交林や広葉樹林、竹林が占めているという状況であった。

(2) 土壌調査

土壌断面から各地域の土壌型は試験林：B_D(d)、設楽町津具怒三堤：B_B、東栄町振草上粟代：B_D、豊田市宇連野町：B_D、豊田市神殿町：B_D(d)であった。

土壌の物理性について試験林および各実証地の透水性の指標である透水速度および保水性の指標である有効孔隙率について図－15に示す。透水性については、A層で設楽町津具怒三堤、豊田市宇連野町、豊田市神殿町で比較的低い値であった。保水性については、A層で試験林、設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代で比較的低い値であった。

土壌の化学性について試験林および各実証地のpH、EC、全窒素、全炭素について図－16に示す。それぞれのパラメータにおいて各地域での違いは小さく、いずれも森林土壌においては標準的な値

を示した。

(3) 環境調査

各実証地における調査年6～9月の林内気温、林内照度、土壌水分について図－17に示す。林内気温、林内照度について豊田市宇連野町、神殿町では設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代と比較して示した値が小さい傾向であった。また、土壌水分については、設楽町津具怒三堤、豊田市宇連野町で30%程度であり、一方東栄町振草上粟代、豊田市神殿町では20%程度であった。

IV 考察

1. 低密度植栽試験地

植栽後16年経過後のヒノキの樹高成長については植栽密度による違いは認められなかった。広島県でヒノキ34年生の各植栽密度を調査した事例においても同様の結果が報告されており(佐々木ら2009)、立地環境がある程度同一であれば密度による影響はないことが示唆された。さらに下刈りの有無による違いも認められなかった。胸高直径については、植栽密度が低いほど肥大成長が進んでおり、かつ下刈りにより肥大成長が促進されていることが認められた。これらは、より競合する植栽木同士および雑草木からの被圧を受けず個体の生育空間が十分に確保されていた結果と考えられた。

次に植栽木の形質について、枝下高は下刈り区でより低いという結果であった。しかしながら下刈りの有無により変化すると予測される枝下高は

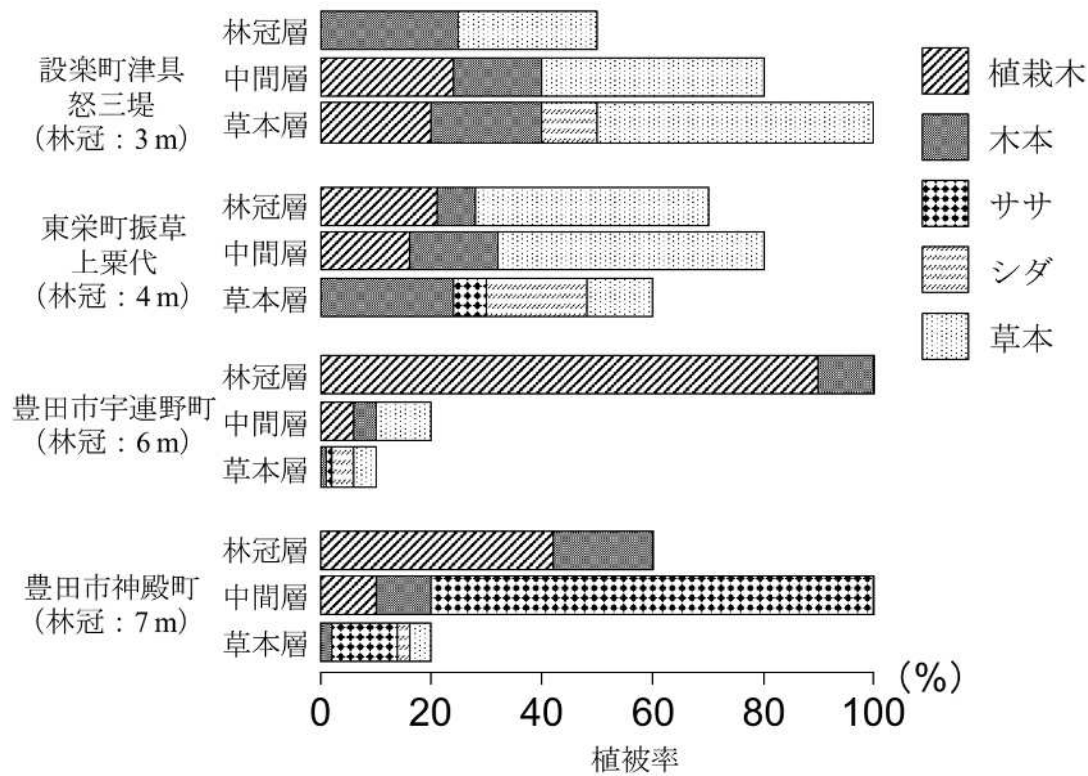


図-12 各実証地における階層ごとの植被率

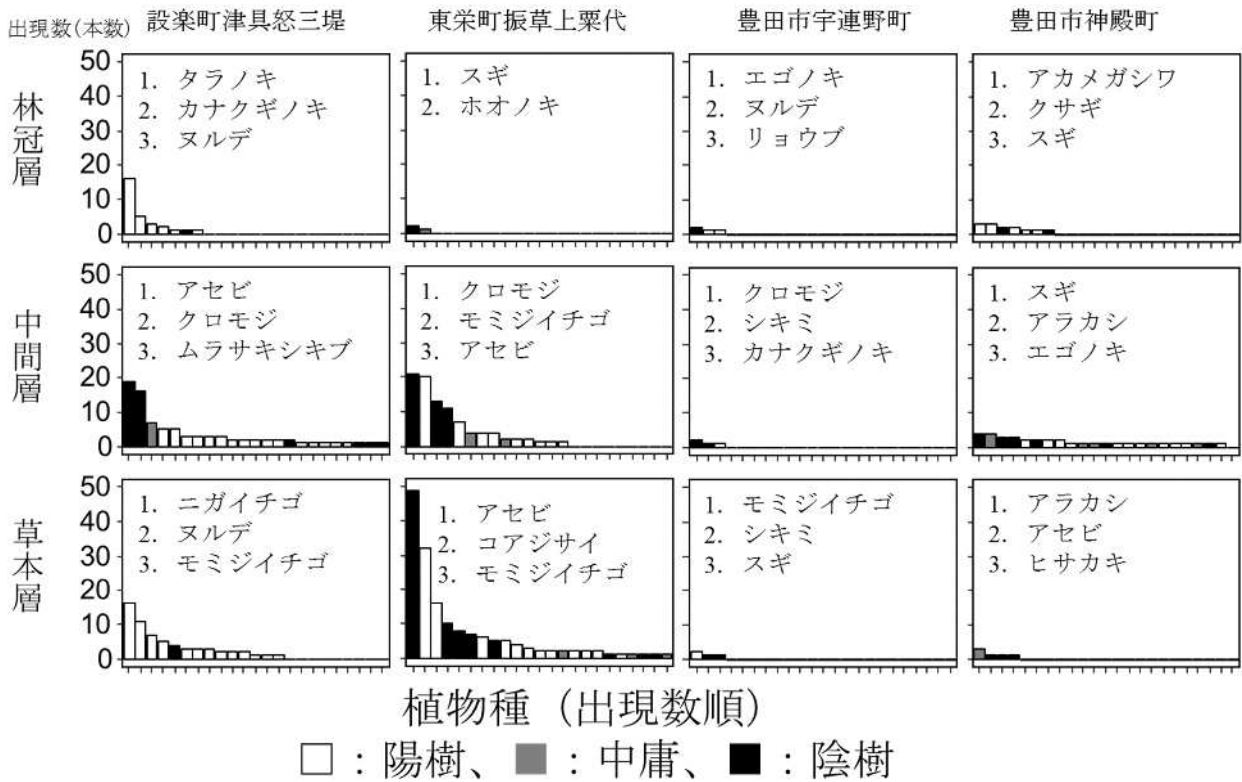


図-13 各実証地における階層ごとの木本出現数

※グラフ内の数字は出現数が多い順位の樹種名を記載している。

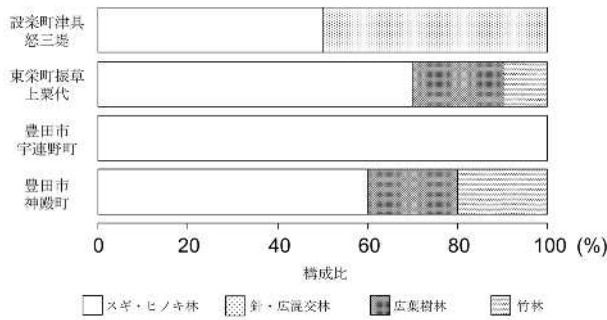


図-14 各実証地における周辺林分の林相構成

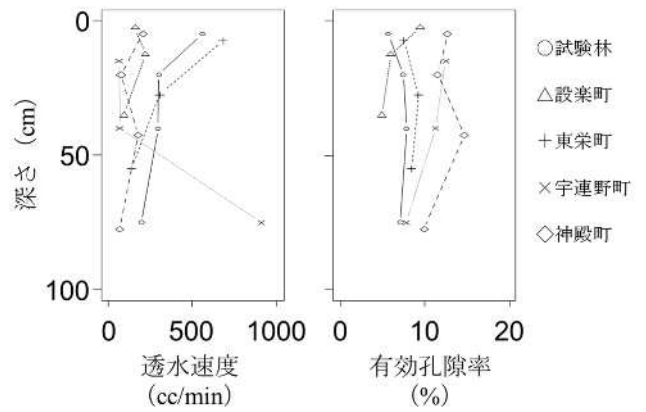


図-15 試験地および各実証地における土壌の透水速度および有効孔隙率

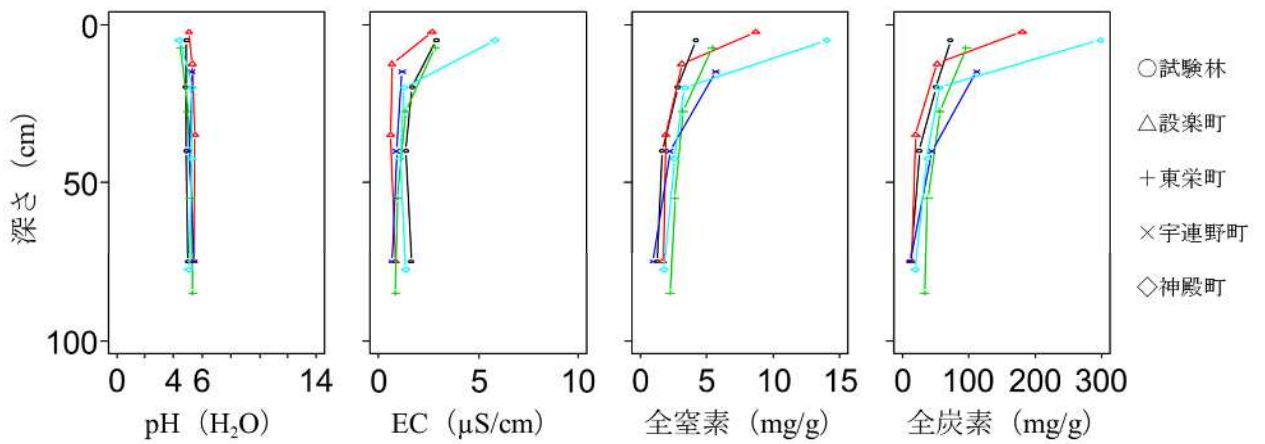


図-16 試験地および各実証地における土壌のpH、EC、全窒素、全炭素

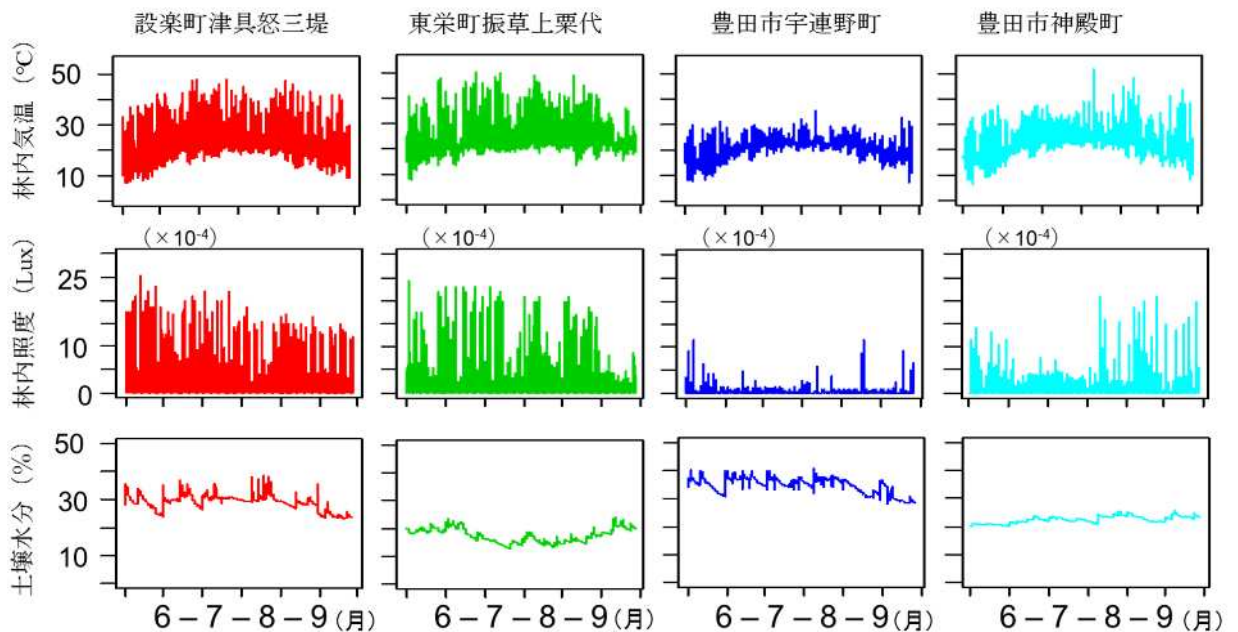


図-17 各実証地における2017年6~9月の林内気温、林内照度、土壌水分

平均値で 50cm 程度であり、製材時での品質の違いはわずかだと考えられる。より品質の高い材を求めるのであれば、枝打ち施業が必須であると考えられた。つる被害については、各調査区での違いはなかった。しかしながら、2,000 本/ha 無下刈り区を除くどの調査区でもつる被害は発生していたため、低コスト造林を考えるうえで、つる切り施業の有無は品質とコストのバランスを考慮し、検討すべき項目であると考えられる。また、植栽密度が高いほど、樹幹形状不良木が多かった。これは下刈りの有無によらず、植栽密度が高いほど植栽木同士の競合が激しく優劣が生じ、劣勢木が形状不良になりやすいためではないかと考えられる。

2. 県内低密度植栽実証地

各実証地においては、生育状況の良し悪しがはっきりとしていた。まずシカ等による食害状況について、どの調査地においても獣害対策はとられていたが、いずれの調査地でもその多寡はあるが食害が発生していた。防護柵は、そのメンテナンスが重要であることが指摘されている（堀野 2015）。また単木保護について資材の劣化による破損や強風等による倒れも報告されており（住吉・田實 2002）、適切な補修・交換も必要であると考えられる。県内各農林水産事務所に聞き取りをしたところ、これらのメンテナンスには多大な労力がかかるため、その回数が限られるのが実情であった。なお、2010 年～2015 年時のシカ推定生息密度（愛知県 2017）が比較的高い、設楽町津具怒三堤、岡崎市小久田町では激しい食害を受けていた。現場では簡易な海苔網を用いた低コスト防護柵（江口・栗田 2013）が設置されていたが、どの調査地においても柵が突破され食害を受けていたことから、より強度が高い防護柵の設置と適切なメンテナンスが必要であると考えられる。

次に各地の植生については、周辺林分に広葉樹

がある場合に中間層および草本層の植被率が高い状況となっていることから、周辺林分に広葉樹があることで、それが植栽地への雑草木の種子供給源になっている可能性が考えられた。

各実証地の土壌においては、スギ・ヒノキの生育土壌としては、どの地域においても特異的なところはなく標準的な森林土壌であると考えられた。

以下、各実証地の生育状況について述べるが、形質についての調査データはないため、樹高成長、肥大成長の概観のみ言及する。

設楽町津具怒三堤、東栄町振草上粟代は生育状況が悪く、これらの原因の一つとしてはシカ等による摂食害とともに、現場の状況から単木保護資材の倒れ等による苗木の成長不良があると考えられた。あわせて、この 2 調査地においては下刈り施業が 1 回行われているものの植栽木と雑草木が競合する、あるいは植栽木が雑草木によって被圧されている状態であり、このことも生育不良の大きな原因であると考えられる。

豊田市宇連野町のヒノキでは、相対的に樹高・根元径とも低い 1,000 本/ha 区においても県内各地 5 箇所 17 プロットのヒノキ林の調査結果（中西 2012）と比較して、樹高成長、肥大成長とも遜色がなく、現時点でその生育に問題はないと考えられた。その背景には、宇連野町では 2010 年時のシカ生息密度が比較的低く（愛知県 2017）、植栽初期に食害を回避できた可能性が考えられる。また周辺林分がスギ・ヒノキ人工林であり雑草木の種子供給源が比較的少なく、2010, 2011, 2012 年の坪刈りによって雑草木の被圧を受けなかったと推測される。植栽密度 1,000 本/ha よりも 1,500 本/ha および 2,000 本/ha でより成長が良好であったことから、低密度植栽でも当該地域では、1,500 本/ha、2,000 本/ha が適していると考えられた。

豊田市神殿町クヌギ、コナラについては、愛知県主要樹種林分収穫表（1955）における薪炭林（ク

スギ、アベマキ、コナラ) 9年生の平均樹高・平均胸高直径と比較して、樹高成長および肥大成長についてはその平均値以上であった。生存率も90%以上と高かったため現時点での生育について問題はないと考えられる。

豊田市閑羅瀬町では植栽したスギについて、その生存率は高く、食害率も低かったが樹高成長については、愛知県林分収穫予想表(1983)のスギ10年生最低地位級5.3mに届いていないことから、現時点で良好とは言えない状況であった。植栽後7年間継続して坪刈りを行っていながらこの状況であるため、何らかの要因があると考えられるが不明である。

岡崎市小久田町においても、植栽後8年間坪刈りを行っているが、樹高成長は愛知県林分収穫予想表(1983)のヒノキ10年生最低地位級4.0mに届いていないことから現時点では良好とは言えない状況であった。現場ではシカ等による繰り返しの摂食があるほど食害が激しいこと、また幼齢木ネットおよびヘキサチューブにおいて、資材倒れによる植栽木の曲がりやネット内でのねじれなどによる生育阻害も散見されたため、これらが大きな要因であると推察される。

V まとめ

県内低密度植栽実証地の調査から、低コスト造林に関わらず、木材生産を目的として造林を行う場合にはシカ等による食害の防除対策は避けては通れない課題であることが再確認された。防除に対するコストについては防護柵では一例として約20万円/100m(愛知県2018)であり、低コスト化の大きな障害となっている。小林・熊川(2001)の2000年のシカ生息分布アンケート調査結果から低密度植栽試験地の地域でシカの生息は確認されていない。このため、2001年に植栽した試験地のヒノキ人工林では、シカ等の食害を免れたと考

えられる。近年では各地で成長が早いエリートツリーの開発が進んでおり、単木保護等とあわせてシカの口が届かない高さまで早期に成長させシカの摂食害を回避する手法が期待されている。ただし単木保護についても防護柵と同じように定期的なメンテナンスが必要であることに留意が必要である。

低密度植栽試験地の結果から、ヒノキの下刈り施業を省略した低密度植栽は、形質についての問題は少なく生育について良好であったため、低密度植栽と下刈りの省略をあわせた低コスト造林は有効な手段となり得ることが示唆された。ただ留意点としては、前述したシカ害に対しての十分な防除対策が前提であると考えられる。また周辺林分に広葉樹が存在する場合には、植栽地へ雑草木の侵入が多くあると推察される。各植栽地で雑草木の繁茂の状況は様々であると考えられるため、植栽木と雑草木の競争関係を把握しながら、適度な下刈りの実施を検討することが必要であると考えられる。

ヒノキ人工造林を検討する際には、植栽密度が低いほど肥大成長が促進されていたことから、現在の市場での評価を考慮すると、年輪幅が小さい目の詰まった優良材生産を目指すのであれば、従来どおりの3,000本/haが適していると考えられるが、並材生産を念頭におくのであれば1,500本/ha、2,000本/haの低密度植栽が選択肢になり得ると考えられる。

佐々木ら(2009)は、34年生ヒノキ林の調査から1,500本/haよりも2,000本/haで林分材積が高いと報告している。また、太田ら(2013)は植栽時の経費削減効果と、伐採時の収益減少効果を比較検討することで低密度植栽の有効性を評価できると述べている。本低密度植栽試験地において、間伐から主伐にかけての材積を算出し、その収支と植栽・保育経費を試算し、各植栽密度と下刈り

の有無で比較検討し、最適な組み合わせを評価することが今後の課題であると考えられる。

図子光太郎・嘉戸昭夫（2015）樹幹形状分類を用いたスギ根元曲がり木の利用材積および品質等級別材積率の推定. 日林誌 97 : 269-275

引用文献

愛知県（1955）主要樹種林分収穫表. 愛知県林業試験場

愛知県（2017）第二種特定鳥獣管理計画（ニホンジカ）. 愛知県環境部自然環境課

愛知県（2018）平成30年度愛知県造林事業標準単価表. 愛知県農林水産部森林保全課

江口則和・栗田悟（2013）ニホンジカ等による森林被害の効率的防除に関する研究. 愛知林セ報 50 : 1-7

堀野眞一（2015）鳥獣害の発生生態と防除対策（3）ニホンジカの生態と農林業被害対策. 植物防疫 69-9 : 53-56

小林元男・熊川忠芳（2001）ニホンジカによる被害実態と防除法の確立（2000年度）. 愛知林セ報 38 : 82-83

中西敦史（2012）低コスト育林技術に関する研究. 愛知林セ報 49 : 1-10

太田徹志・高比良聡・中間康介・吉田茂二郎・溝上展也（2013）伐採収益と植栽経費の観点からみた低密度植栽の有効性. 日林誌 95 : 126-133

林野庁（2018）平成30年版森林・林業白書. 246pp. 社団法人全国林業改良普及協会.

佐々木祐希子・竹内郁雄・寺岡行雄（2009）植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響. 九森研 62 : 14-17

白井一則・竹内豊・手塚朗・熊川忠芳（2003）低コスト森林造成に関する研究. 愛知林セ報 40 : 1-10

住吉博和・田實秀信（2002）鹿児島県におけるシカ被害防除資材の検討. 鹿児島県林試研報 7 : 23-29