

# 低コスト育林技術に関する研究

2009年度～2011年度

中西敦史\*

## 要 旨

低密度植栽で施業を省略したヒノキ造成試験地で造林木の成長と雑木の影響を調査するとともに県内の低密度ヒノキ人工林の実態を調査した。その結果、造成試験地の無下刈区では、樹高、胸高直径および形状比と密度との関係性は認められなかったが、下刈区に比べ形状比が大きい傾向が認められるとともに、造林木のつる被害率が低かった。一方、下刈区ではつる被害率が高かった。樹幹解析の結果、無下刈区の造林木は雑木との競争により肥大成長が抑制されたと考えられた。以上のことから、低密度植栽で下刈を省略しても、造林木の成長および形質に問題無く、低密度植栽と施業の省略による育林コストの低減の可能性が示された。

## I はじめに

近年、木材価格低迷等により従来の施業方法では林業経営が難しいため、より低コストな施業が求められている(林野庁, 2010)。植栽および下刈・除伐等の初期造林費用は植栽から伐期までにかかる費用の半分以上を占めるため、これらの低減は林業の採算性向上のために重要である(林野庁, 2010)。これまでに、低密度植栽と施業の省略化を組み合わせた技術について、うっ閉前の林分で研究が行われてきたが(白井ら, 2003・上床, 2004・山田, 2004)、うっ閉した林分での研究は少ない。愛知県においても、施業がヒノキ造林木の初期成長に与える影響が検証されているが、植栽密度の影響や造林木のうっ閉までの成長については明らかではない(白井ら, 2003)。そこで、うっ閉した白井ら(2003)の試験地において、造林木以外の樹木(以下雑木)が造林木の成長に与える影響を明らかにし、低密度植栽と施業の省略を組み合わせた低コスト育林技術を検討する。

## II 方法

### 1. 植栽密度と施業の影響調査

#### (1) 現況調査

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



図-1 試験林の位置

Atsushi NAKANISHI: Low cost forestation of *Chamaecyparis obtuse*

\* 現豊田加茂農林水産事務所

本論文の一部は第59回日本森林学会中部支部大会で発表した。

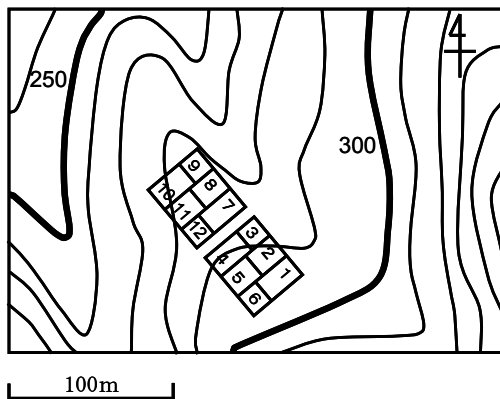


図-2 造成試験地の各処理区の配置

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 <sub>c</sub>	結晶片岩	100以上
2	2,000	下刈有	rB <sub>b</sub>	結晶片岩	約80
3	3,000	下刈有	R <sub>b</sub>	結晶片岩	40未満
4	1,500	下刈有	R <sub>b</sub>	結晶片岩	約60
5	2,000	下刈有	B <sub>c</sub>	結晶片岩	100以上
6	3,000	下刈有	B <sub>c</sub>	結晶片岩	約60
7	1,500	下刈無	rB <sub>b</sub>	結晶片岩	30未満
8	2,000	下刈無	R <sub>b</sub>	結晶片岩	100以上
9	3,000	下刈無	rB <sub>c</sub>	結晶片岩	30未満
10	1,500	下刈無	B <sub>D(d)</sub>	結晶片岩	20未満
11	2,000	下刈無	B <sub>D(d)</sub>	結晶片岩	約80
12	3,000	下刈無	rB <sub>c</sub>	結晶片岩	40未満

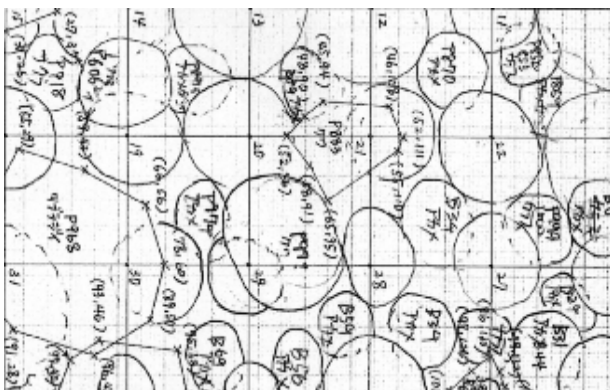


図-3 樹冠投影図 (プロット7)

度2箇所植栽された。下刈区では、下刈が2001年8月及び2002年7月に行われた。試験地において立地条件調査、毎木調査、病虫獣害およびつる被害調査を行った。また、各区の林冠を占める造林木と雑木について樹冠投影図を作成し(図-3)、雑木の樹冠占有率を算出した。

## (2) 樹幹解析

(1) のプロット4、5、6、10、11、12のそれぞれにおいて平均胸高直径を持つ造林木(以下標準木)各1本および林冠層を構成する3~5本の高木・亜高木樹種の雑木について樹幹解析を行った。

## 2. 既存林の実態調査

既存林実態調査地の位置を図-4に示す。県内の低密度植栽ヒノキ人工林に10×10m~20×20mのプロットを計17個設置し、立地条件調査および毎木調査を行った。また、各プロットにおいて平均胸高直径を持つ造林木1本について樹幹解析を行なった。

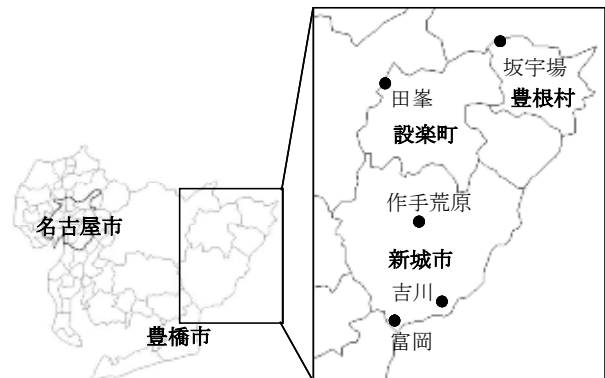


図-4 実態調査地の位置

## III 結果

### 1. 植栽密度と施業の影響調査

#### (1) 現況調査

2011年における造成試験地の造林木の樹高、胸高直径、形状比を図-5、6、7に示す。

無下刈区において、造林木の平均樹高は、1,500本/haでは6.7~6.8m、2,000本/haでは7.0~7.5m、3,000本/haでは6.9~7.4mで、樹高と密度との関係性は認められなかったが(スピアマンの順位相関検定、有意水準5%)、プロット7、9、10の平均樹高は他のプロットに比べ有意に低かった(Bonferroni修正後のt検定、有意水準5%)。平均胸高直径は1,500本/haでは8.8~9.2cm、

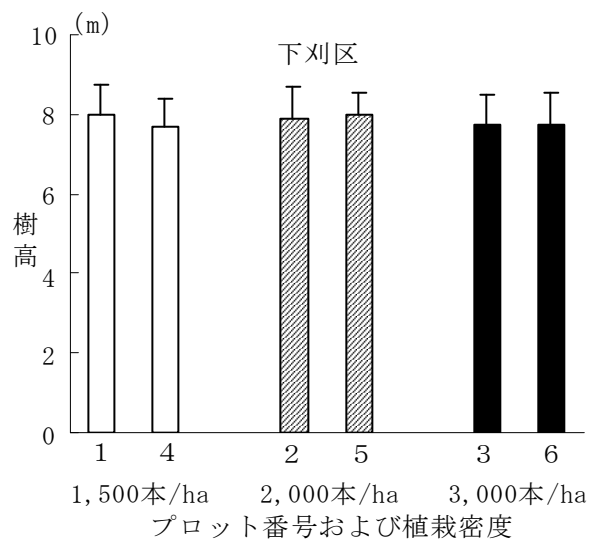
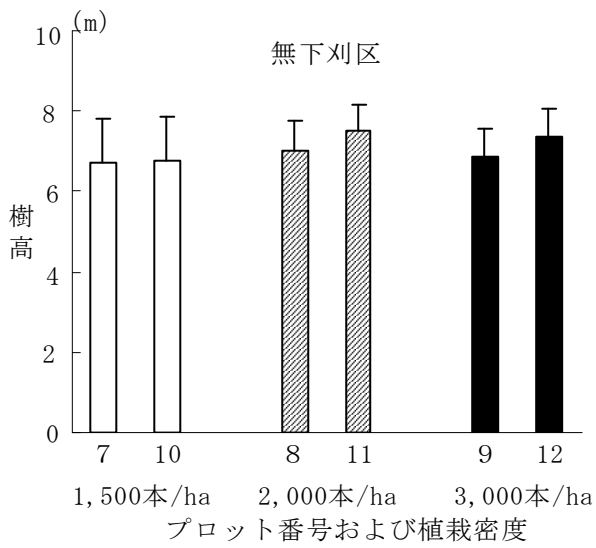


図-5 造林木の平均樹高および標準偏差

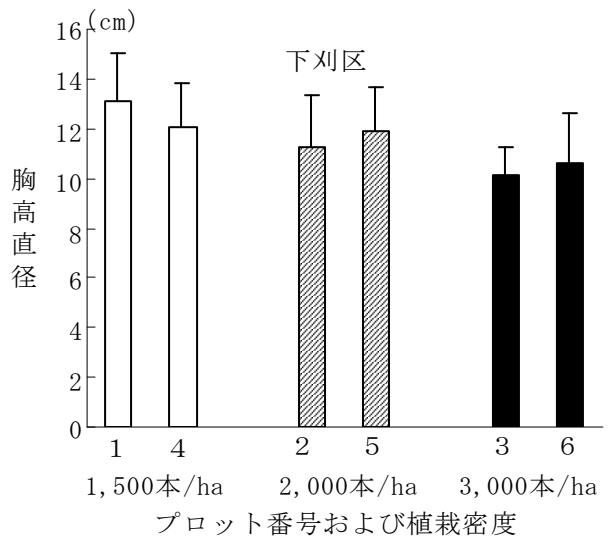
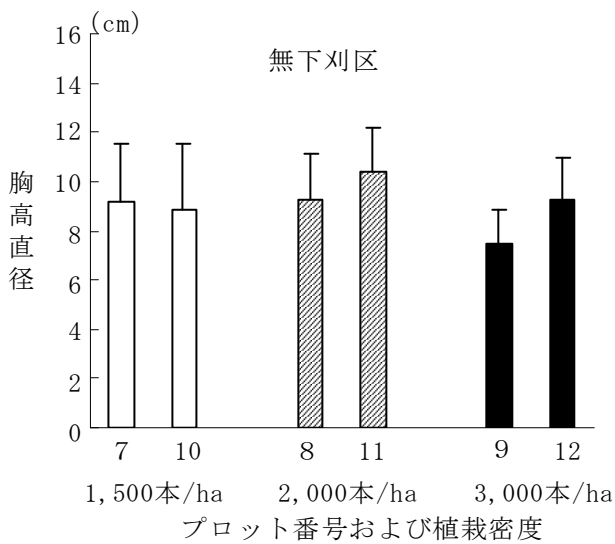


図-6 造林木の平均胸高直径および標準偏差

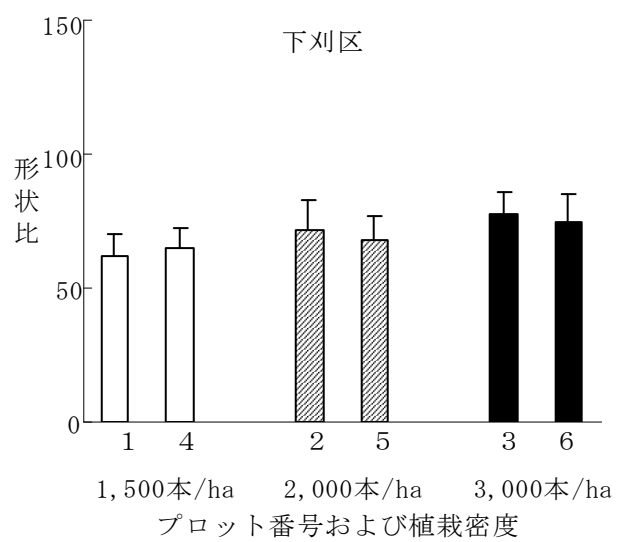
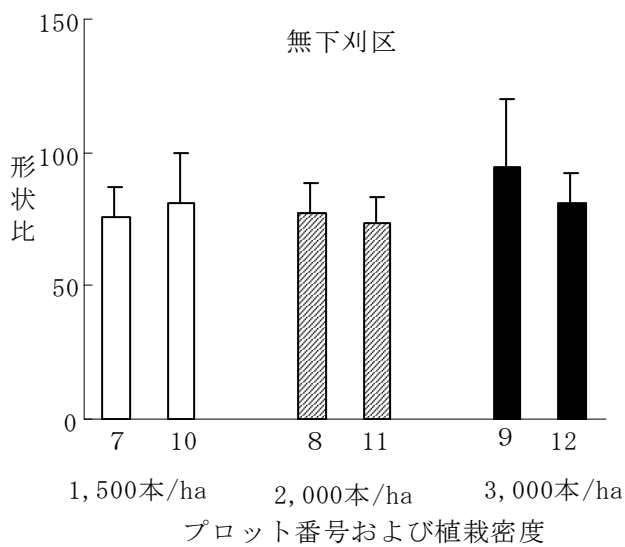


図-7 造林木の平均形状比および標準偏差

2,000本/haでは9.3~10.4cm、3,000本/haでは7.5~9.3cmで、胸高直径と密度との関係性は認められなかったが（スピアマンの順位相関検定、有意水準5%）、プロット9、10の平均胸高直径は他のプロットに比べ有意に小さかった（Bonferroni修正後のt検定、有意水準5%）。平均形状比は1,500本/haでは75.5~81.1、2,000本/haでは73.4~77.3、3,000本/haでは80.9~94.4で、形状比と密度との関係性は認められなかったが（スピアマンの順位相関検定、有意水準5%）、プロット9の平均形状比は、他のプロットに比べ有意に大きかった（Bonferroni修正後のt検定、有意水準5%）。

下刈区において、造林木の平均樹高は1,500本/haでは7.7~8.0m、2,000本/haでは7.9~8.0m、3,000本/haでは7.7~7.8mで、樹高と密度との関係性は認められず（スピアマンの順位相関検定、有意水準5%）、プロット間に差は無かった（Bonferroni修正後のt検定、有意水準5%）。平均胸高直径は1,500本/haでは12.0~13.1cm、2,000本/haでは11.3~11.9cm、3,000本/haでは10.1~10.6cmで、低密度で胸高直径が大きい傾向が認められた（スピアマンの順位相関検定、

有意水準5%）。平均形状比は1,500本/haでは62.1~64.8、2,000本/haでは68.2~71.6、3,000本/haでは74.5~77.4で、低密度で形状比が小さい傾向が認められた（スピアマンの順位相関検定、有意水準5%）。

下刈の有無間では、いずれの密度においても樹高と胸高直径が無下刈区で小さく、形状比は無下刈区で大きい傾向が認められた（Bonferroni修正後のt検定、有意水準5%）。

雑木の樹冠占有率を図-8に示す。無下刈区の雑木の樹冠占有率は1,500本/haで42.8~45.6%、2,000本/haで32.4~32.9%、3,000本/haで35.3~39.2%、下刈区では1,500本/haで34.8~35.6%、2,000本/haで14.0~15.1%、3,000本/haで4.4~18.6%で、無下刈区で高い傾向が認められた。また、下刈区では雑木の樹冠占有率は低密度で高い傾向が認められた。

病虫獣害調査の結果、造林木の病虫害は無かったが、ニホンノウサギによる剥皮被害が、無下刈区で6.3~19.6%、下刈区で0.0~8.7%で発生していた。いずれの被害も植栽初期のもので最近の被害は無かった。

つる被害率を図-9に示す。無下刈区の被害率

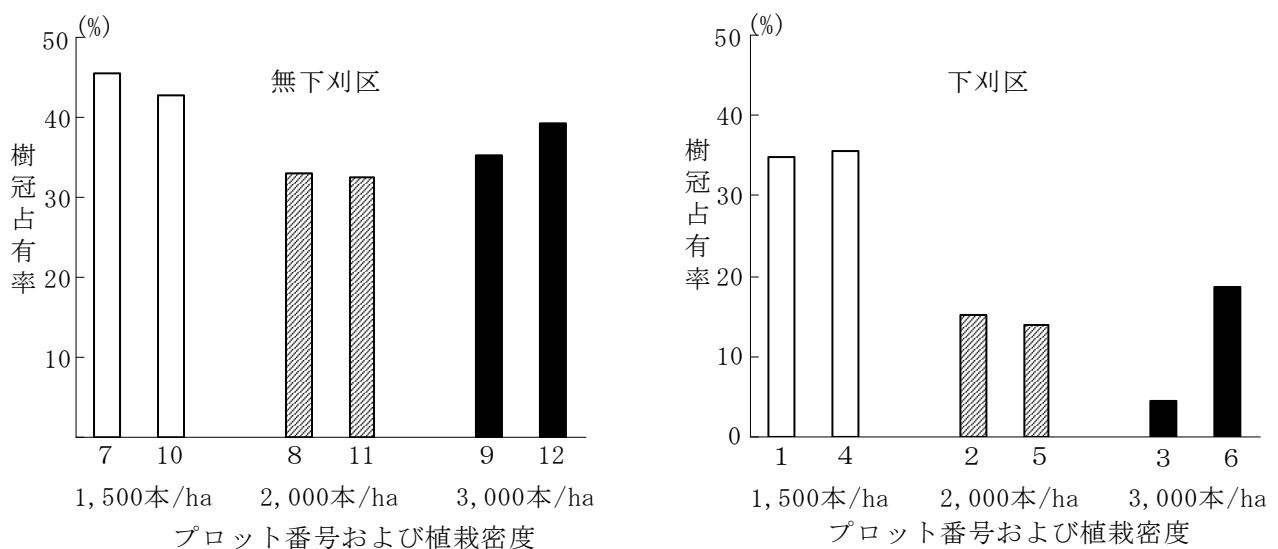


図-8 雑木の樹冠占有率

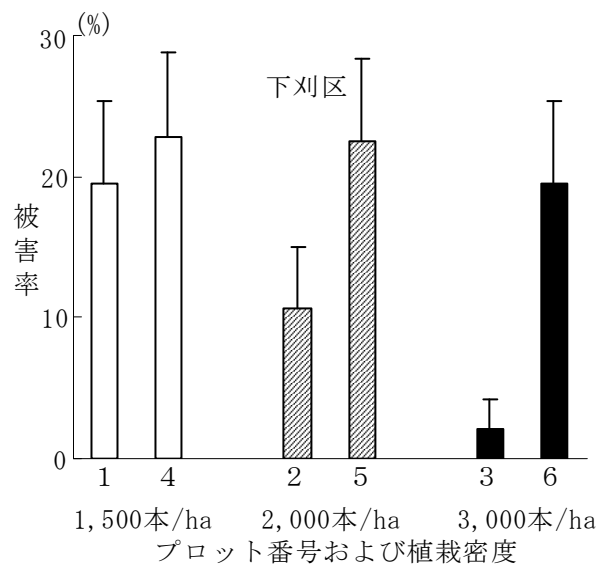
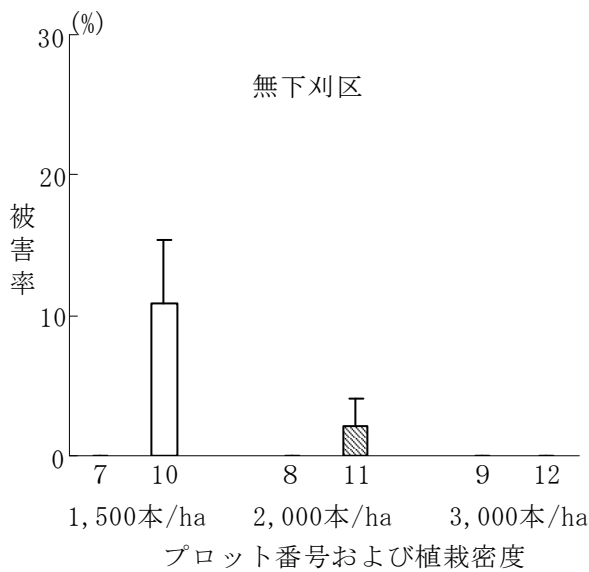


図-9 造林木のつる被害率および標準偏差

は、1,500本/haで0.0~10.9%、2,000本/haで0.0~2.1%、3,000本/haで0.0%、下刈区では1,500本/haで19.6~22.7%、2,000本/haで10.6~22.4%、3,000本/haで2.1~19.6%であった。被害の半分以上がフジによるもので、その他ミツバアケビ、アオノツヅラフジ等によるものもあった。無下刈区は下刈区に比べ被害率が小さく、また、両区ともに低密度で被害率が高い傾向が認められた。一方、下刈の有無および植栽密度が同じでも、西側のプロット（4、5、6、10、11）でつる被害率が高い傾向が認められた。

#### (2) 樹幹解析

各処理区の標準木および林冠を構成する雑木の樹高成長過程を図-10に、地上0.2m径成長過程を図-11に示す。

無下刈区における標準木の樹高は、いずれの密度でも植栽後4年間は雑木と同程度で、1,500本/haでは植栽6年後に雑木を上回ったが、2,000本/haと3,000本/haでは植栽11年後も雑木と同程度だった。また、標準木の樹高成長はどの密度においても植栽6年後に鈍化した。

下刈区における標準木の樹高は、いずれの密度

でも植栽後3年間は雑木を上回ったが、1,500本/haでは植栽4年後~11年後まで雑木と同程度で、2,000本/haと3,000本/haでは植栽後11年間常に雑木を上回った。また、標準木の樹高成長はどの密度においても植栽9年後に鈍化した。

下刈有無間で標準木の樹高成長を比較すると、いずれの密度においても、植栽6年後まで無下刈区は下刈区と同程度またはそれ以上であったが、植栽6年後以降、無下刈区では樹高成長が鈍化し、11年後では下刈区の樹高が無下刈区を上回った。

標準木の肥大成長は、無下刈区の1,500本/haと3,000本/haでは、植栽後から成長量の経年変化は少なく、明確な鈍化は認められなかった。2,000本/haでは植栽6年後と9年後に肥大成長が大きかったが、6年目までの肥大成長量は無下刈区の他の密度と同様に小さかった。一方、下刈区の標準木の肥大成長は植栽後早期に成長速度が大きく増加し、1,500本/haでは植栽6年後、2,000本/haと3,000本/haでは植栽5年後に成長量は最大となり、その後成長速度は鈍化した。また成長鈍化までの成長速度は低密度で大きい傾向が認められた。

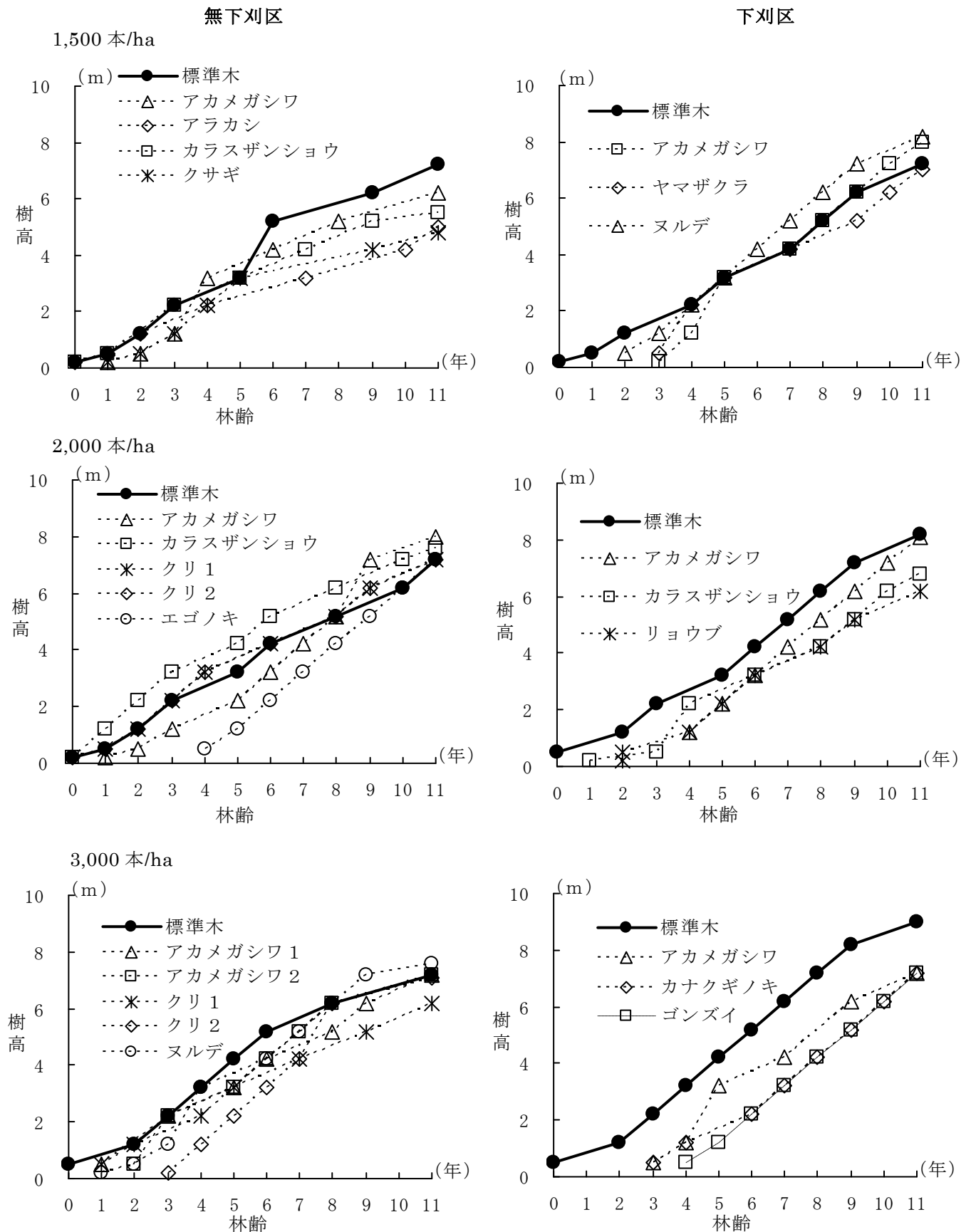


図-10 造成試験地における標準木と林冠層の雑木の樹高成長過程

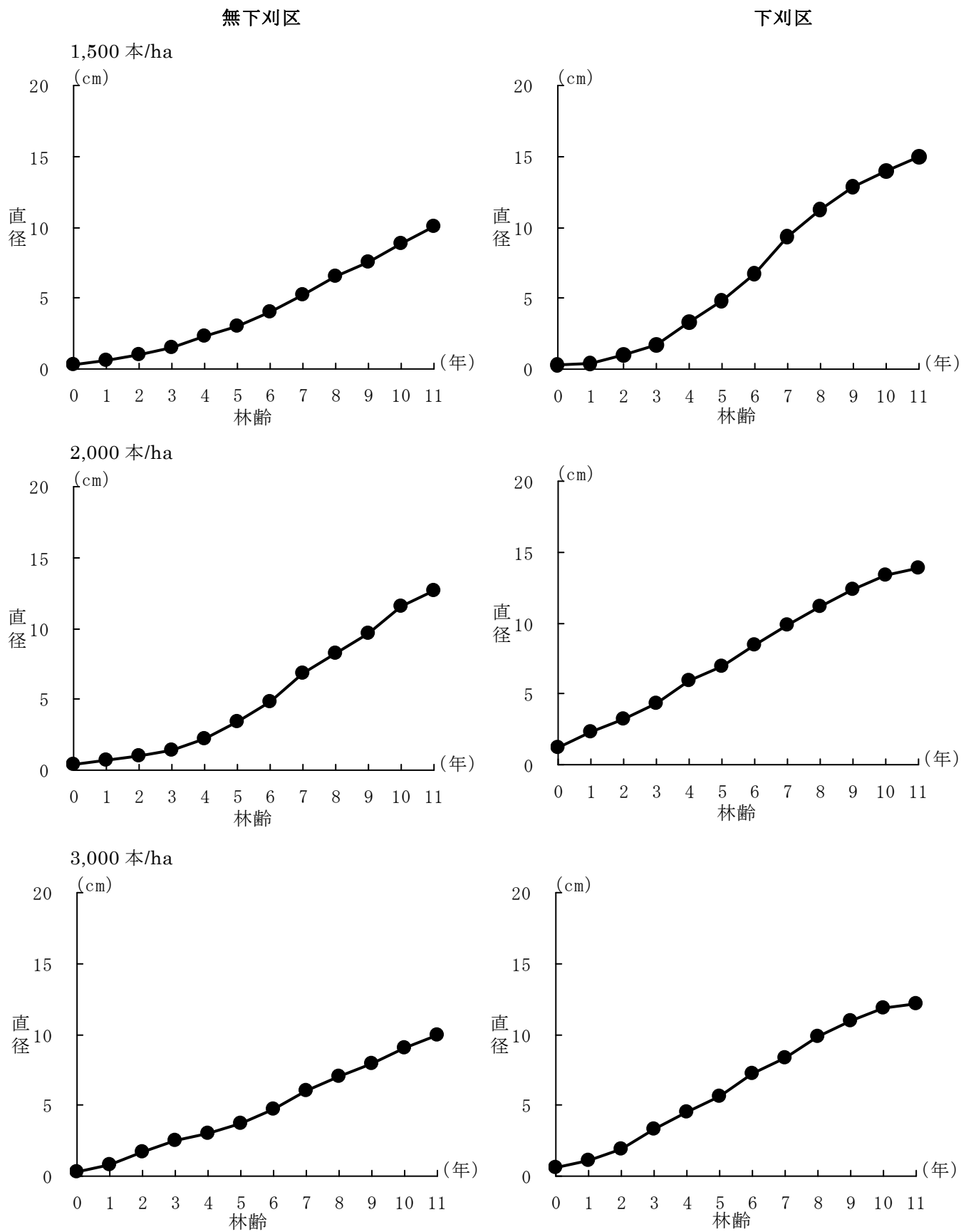


図-11 造成試験地における標準木の地上0.2m径成長過程

表－2 実態調査地の立地条件

プロット名	場所	標高 (m)	地形	傾斜 (°)	斜面方位	地質	土壌型	下層優占種 (被度)
坂宇場 1	豊根村坂宇場	1,150	尾根筋の平行斜面	22	東	第三紀安山岩	B <sub>D</sub> (d)	コアジサイ (2)
坂宇場 2	豊根村坂宇場	1,150	尾根筋の平行緩斜面	12	東南東	第三紀安山岩	B <sub>D</sub> (d)	スズタケ (4)
田峯 1	設楽町田峰	820	沢近くの平行緩斜面	8	南西	領家帯花崗岩	B <sub>D</sub> (d)	スズタケ (1)
田峯 2	設楽町田峰	820	沢近くの平行緩斜面	8	南西	領家帯花崗岩	B <sub>D</sub> (d)	ミヤコザサ (2)
作手荒原	新城市作手荒原	330	中腹の平行斜面	27	北東	領家帯閃緑岩	B <sub>D</sub> (d)	アラカシ (2)
富岡 1	新城市富岡	195	尾根近くの平行緩斜面	5	南西	三波川帯斑れい岩	rB <sub>C</sub>	コシダ (2)
富岡 2	新城市富岡	205	尾根近くの平行斜面	20	南西	三波川帯斑れい岩	rB <sub>C</sub>	コシダ (1)
富岡 3	新城市富岡	220	尾根近くの凸状斜面	12	南南西	三波川帯斑れい岩	rB <sub>C</sub>	ヒサカキ (2)
富岡 4	新城市富岡	225	尾根近くの凸状斜面	10	南南西	三波川帯斑れい岩	rB <sub>C</sub>	ウラジロ (2)
富岡 5	新城市富岡	100	中腹の平行斜面	27	西南西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>C</sub>	コンゴウタケ (4)
富岡 6	新城市富岡	95	中腹の平行斜面	30	西南西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>C</sub>	コンゴウタケ (2)
富岡 7	新城市富岡	120	沢近くの平行斜面	28	南西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>C</sub>	アラカシ (1)
富岡 8	新城市富岡	120	沢近くの平行急斜面	42	南西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>C</sub>	コンゴウタケ (1)
吉川 1	新城市吉川	250	尾根近くの平行斜面	16	北西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>B</sub>	コシダ (4)
吉川 2	新城市吉川	240	中腹の平行急斜面	36	北西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>B</sub>	ウラジロ (4)
吉川 3	新城市吉川	220	尾根筋の平行緩斜面	7	北北西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>B</sub>	ウラジロ (3)
吉川 4	新城市吉川	220	尾根筋の平行緩斜面	14	北北西	三波川帯斑れい岩	yB <sub>B</sub>	コシダ (2)

## 2. 既存林の実態調査

既存林実態調査地の立地条件を表－2に、毎木調査の結果を表－3に、各プロットの標準木の樹高成長過程を図－12に、胸高直径成長過程を図－13に示す。

標準木の樹高成長は坂宇場、田峰、作手荒原、富岡の13プロットが吉川の4プロットに比べ良好であった。また、11年生時の樹高は富岡7を除いて6m以下で、造成試験地の無下刈区に比べ小さかった。肥大成長は富岡3および4が他のプロットに比べ小さかったが、その他のプロットにつ

いては上長成長が良好なプロットで肥大成長も良好だった。また、成長が良好なプロットでは、初期肥大成長が大きく、早く鈍化した。

## IV. 考察

造成試験地における造林木の形状比は無下刈区が下刈区に比べ大きく、さらに、雑木の樹冠占有率は無下刈区が下刈区に比べ大きいことから、無下刈区では、雑木の密度効果により、低密度でも造林木の肥大成長が抑制され、形状比が大きくなったと考えられた。一方、下刈区では低密度で造林木の胸高直径が大きく、形状比が小さかったことから、低植栽密度では、うっ閉が遅れたと考えられた。無下刈区において樹高および胸高直径と密度との間に関係性が認められなかったにも関わらず、プロット7、9、10の樹高が低く、さらにプロット9、10の胸高直径が小さかったことは、これらのプロットの土壌層厚が30cm未満と薄く、立地条件が影響した可能性がある。造成試験地の造林木および雑木の樹幹解析の結果、無下刈区では、造林木の樹高は植栽直後から雑木と同程度であるのに対し、下刈区では植栽後少なくとも3年

表－3 実態調査地の毎木調査結果

プロット名	林齢 (年)	密度 (本/ha)	平均樹高 (m)	標準偏差	平均胸高直径 (cm)	標準偏差
坂宇場 1	23	1,800	9.0	1.0	16.1	1.9
坂宇場 2	11	1,900	5.2	0.4	10.3	1.3
田峯 1	16	1,700	7.1	1.7	11.2	3.7
田峯 2	19	1,900	8.4	1.2	13.6	2.6
作手荒原	30	1,700	12.6	2.0	15.4	2.7
富岡 1	13	1,900	6.3	0.8	11.3	2.2
富岡 2	13	1,900	5.5	0.8	10.3	2.3
富岡 3	12	1,900	5.4	0.8	11.3	2.4
富岡 4	12	1,800	5.5	0.8	9.5	1.8
富岡 5	17	1,500	6.4	0.7	11.9	3.2
富岡 6	13	1,900	6.6	0.7	11.6	2.3
富岡 7	15	2,000	7.6	0.6	14.1	2.4
富岡 8	15	1,800	7.6	0.9	13.4	2.3
吉川 1	24	1,600	6.9	1.0	10.8	1.8
吉川 2	24	1,700	8.5	1.1	13.0	2.3
吉川 3	22	1,500	7.2	1.4	11.7	3.2
吉川 4	22	1,400	5.4	1.1	8.9	2.0



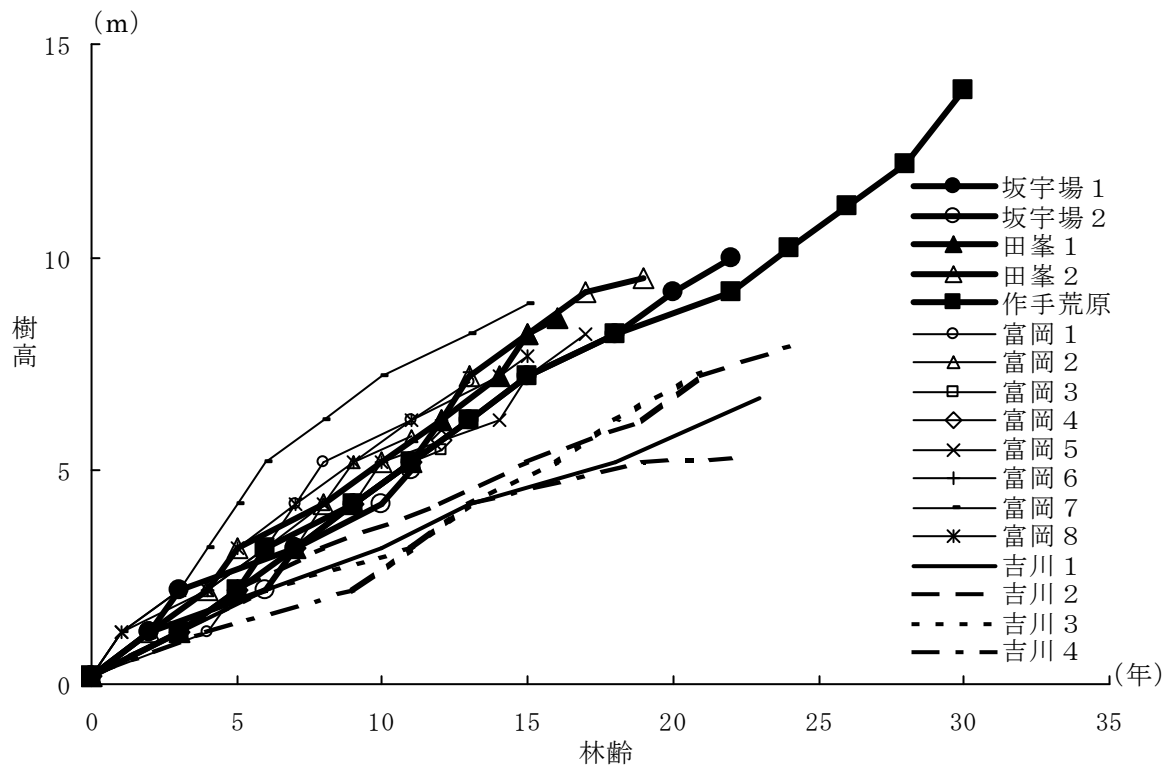


図-12 既存林における造林木の樹高成長過程

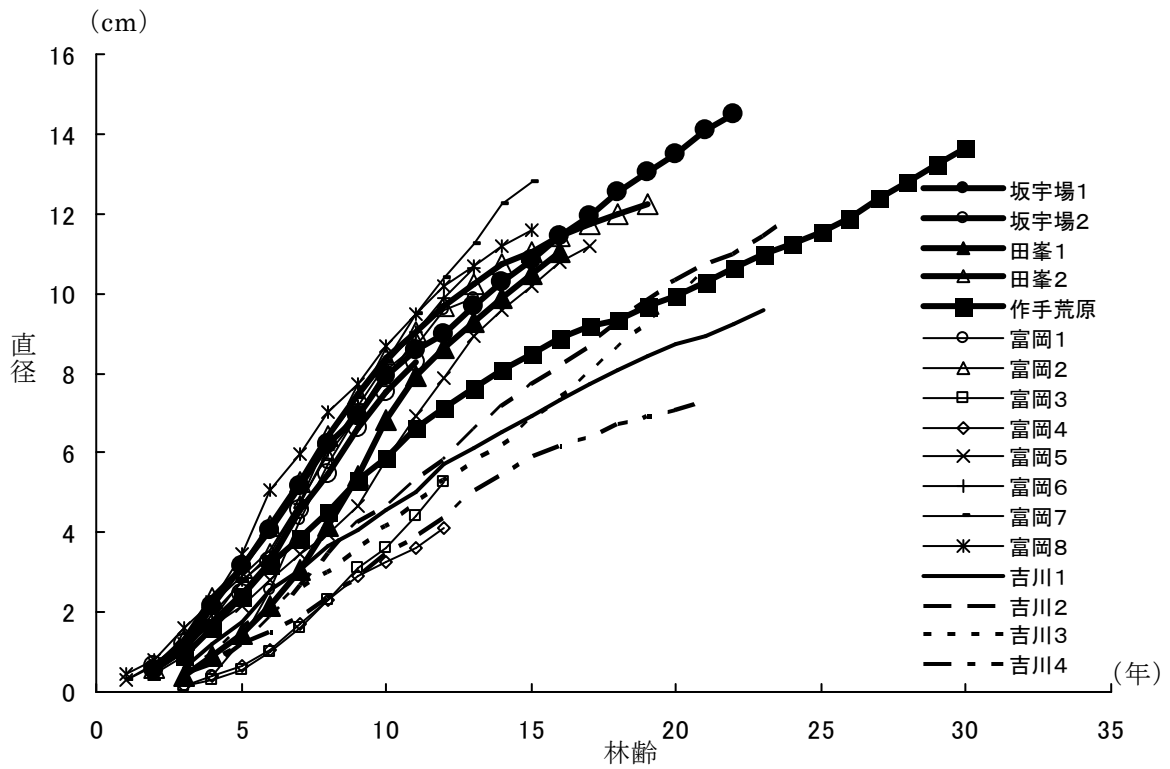


図-13 既存林における造林木の胸高直径成長過程

間は、造林木の樹高は雑木を上回り、2,000本/ha、3,000本/haではその後常に造林木の樹高は雑木を上回った。これらのことから、無下刈区では植栽直後から雑木との競争により肥大成長が抑制されたため、初期成長量の経年変化は小さかったと考えられた。しかし無下刈区の2,000本/haにおいて、一部の時期で肥大成長量が大きかった原因は不明である。一方、下刈区では、低密度ほど造林木同士の競争の程度が弱く、また、高密度でも雑木との競争が少ないため、肥大成長が大きかったと考えられた。

ニホンノウサギによる剥皮被害は、無下刈区および下刈区で発生していたが、いずれの被害も植栽初期のもので最近の被害は無いことから、植栽密度および下刈の有無と被害の関係は無いと考えられる。

つる被害率は、無下刈区では下刈区に比べ低かったことから、下刈を省略することで雑木が成長し、下層を被陰するため、つるの侵入および成長が抑制され、被害を軽減できると考えられる。造成試験地西側のプロットでつる被害率が高かったことは、試験地の西側に種子供給源となる雑木林が隣接していたことが影響した可能性も考えられる。

実態調査の結果、土壌型が適潤性（偏乾亜型）のプロットでは乾性のプロットに比べ成長が良好であることが示され、立地条件が造林木の成長および林冠の閉鎖時期に影響したと考えられる。土壌型が弱乾性の富岡のプロットで樹高成長が良好だったことは、肥料木と混植されたことが影響した可能性がある。また、富岡3および4で肥大成長が不良だったことは、これらのプロットでは最近になって肥料木の除伐が行われたようであり、除伐が遅れたことが、肥大成長に影響した可能性も考えられる。

造成試験地無下刈区の造林木の平均樹高は下刈

区に比べ低いものの、県内の様々な立地条件の低密度ヒノキ人工林に比べ、樹高成長は小さくなかった。さらに、無下刈区の造林木は、試験林の他の様々な立地条件のヒノキ人工林（小林ら、1985）に比べ樹高成長は大きい。また、下刈区は低密度で造林木の初期肥大成長が大きく、心材部分の年輪幅が広がっており、市場での木材価格は低くなるものと考えられる。県内の様々な立地条件の低密度ヒノキ人工林でも、樹高成長が良好な調査地で初期肥大成長が大きかった。これらに対し、造成試験地無下刈区では、植栽直後からの雑木との競争により、造林木の肥大成長が抑制されることで、低密度でも造林木の形状比は高くなり、また、中心の年輪幅は小さくなるため、材質の向上が見込まれる。

以上のことから、造成試験地無下刈区の低密度植栽された造林木は成長および形質に問題無く、低密度植栽と下刈の省略による育林コストの低減の可能性が示された。

## 引用文献

- 上床眞哉（2004）省力・低コストな森林造成技術の開発．鹿児島県林試報 52：2.
- 小林元男・山下昇（1985）試験林調査報告．愛知県林試報 21：41-121.
- 林野庁（2010）平成22年版森林・林業白書．145pp，社団法人全国林業改良普及協会，東京．
- 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．愛知県森林セ報 40：1-10.
- 山田耕司（2004）低コスト育林システムに関する研究．青森県林試報 54：91-95.