

斜面傾斜が異なる造林地におけるヒノキ・コンテナ苗の植栽工期¹

渡邊仁志・三村晴彦²・茂木靖和・千村知博²

Efficiency in planting of Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*)
container seedlings at two different inclined plantations¹

Hitoshi Watanabe, Haruhiko Mimura², Yasukazu Moteki, Tomohiro Chimura²

斜面傾斜が異なる地拵え後の皆伐地において、マルチキャピティコンテナ (JFA-300) で育苗した2年生ヒノキ・コンテナ苗と普通苗の植栽効率、活着率を比較し、植栽効率に関わる土壌条件を調査した。調査地の土壌の多くは埴土または埴土であったことに加え、石礫の割合が高い調査区もみられ、植え穴が掘りづらい条件であると考えられた。植栽効率は急傾斜地 (斜面傾斜40度) では普通苗>コンテナ苗、緩傾斜地 (同11度) では普通苗=コンテナ苗であった。傾斜の緩急によらず、コンテナ苗の植栽効率は普通苗に比べて向上しなかった。コンテナ苗は両調査区ともに植え穴掘りに時間を要した。本研究で用いたコンテナ苗の根鉢は、根切りをした普通苗の根系よりも大きいため、植栽地の傾斜条件に加え、植え穴の掘りにくさに関わる土壌条件 (たとえば土性や石礫率) が普通苗よりも強く影響したと推測された。したがって、植栽地の条件によっては、コンテナ苗の導入が植栽作業の省力化につながらない場合があるといえる。

キーワード: コンテナ苗, ヒノキ, 植栽工期, 斜面傾斜, 土壌条件

I はじめに

人工林管理に占める初期保育の費用は極めて高い (林野庁 2011)。林業経営の健全性と森林資源の安定性を確保するために、低コストかつ確実な再造林技術が求められるなか、マルチキャピティコンテナにより育苗したコンテナ苗 (遠藤・山田 2009) が注目されている。コンテナ苗は時期を選ばずに植栽でき、植栽効率が高く、造林用普通苗 (以下、普通苗) に比べ活着率が高い (遠藤 2007; 山川ら 2013) といわれている。また、この特性を利用して伐採、地拵え、植栽の作業を一貫して行うことで、植栽作業の省力化とコスト削減が可能 (今富 2011) だとされている。

植栽作業の省力化に関しては、これまでにコンテナ苗の根鉢を効率よく地中に収め、作業者の負担を軽減するために、専用の植栽器具 (たとえば、ディブルやスペード (今富 2011)、プランティングチューブ (岩井ら 2012); 以下、専用植栽器) が紹介されている。これらの専用植栽器を用いてコンテナ苗を植栽した場合、唐鍬を用いて普通苗を植栽した場合に比べ植栽効率が向

上した (たとえば今富 2011; 岩井ら 2012) ことが報告されている。ただし、コンテナ苗の植栽効率に関する報告は、平坦地~緩・中傾斜地のスギ (*Cryptomeria japonica*) やカラマツ (*Larix kaempferi*) の事例 (福田ら 2012; 今富 2011; 岩井ら 2012) が多く、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) に関するものは少ない。また、とくに植栽場所の傾斜や立地条件にまで言及した研究事例 (福田ら 2012; 渡邊ら 2013; 三村ら 2014; 渡邊ら 2014) は少ないため、コンテナ苗の植栽効率に関わる科学的な知見に乏しいのが現状である。

本研究では、斜面傾斜が異なる2箇所の造林地において、植栽効率に関わる立地条件を調査し、ヒノキ・コンテナ苗と普通苗の植栽効率、活着率を比較することにより、コンテナ苗の導入による植栽効率向上の条件を明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 調査地

岐阜県下呂市金山町にある岐阜森林管理署管内・高天良国有林 (1096林班ほ小班) に調査地を設置した。調

¹ 本研究の一部は、第126回日本森林学会大会および平成26年度中部森林技術交流発表会で発表した。

² 林野庁中部森林管理局 森林技術・支援センター
(2015年12月25日受付, 2016年2月3日受理)

調査地は標高720～800mの西向き斜面にあり、斜面下部が緩傾斜地、上部が急傾斜地となっている(図-1)。土壌の母材は濃飛流紋岩(溶結凝灰岩)、土壌型は適潤性褐色森林土(偏乾亜型)である。土壌調査によると、調査地の土壌表層(AまたはAB層)は非常に薄く、続く第2層(B層)の土性は埴壤土または埴土で堅密度は堅であった。近隣の気象観測所(岐阜県下呂市金山町、標高233m)における植栽当年(2014年)の年平均気温は13.1℃、年降水量は2515.5mmである(気象庁2016)。調査地では、2012～2013年に約60年生のヒノキ、スギ人工林が皆伐され、2013年12月に先行地拵えが行われていた。

2. 調査方法

植栽調査に用いた苗木は、岐阜県白鳥林木育種事業地(岐阜県郡上市;以下、県育種事業地)で生産された同一の県内産精英樹種子を用いたヒノキ2年生実生苗(コンテナ苗1種類、普通苗1種類)である。このうちコンテナ苗(図-2a)は、300ccのマルチキャビティコンテナ(JFA-300)に1年生苗を移植した後、標準的な管理(遠藤・山田2009)のもと、県育種事業地のガラス室内で1年間育苗したもの、普通苗(図-2b)は、岐阜県山林種苗協同組合の苗畑(岐阜県各務原市)で2年間育苗したものである。コンテナ苗の元肥には培土10Lあたり100gの超緩効性肥料(ジェイカムアグリ(株)製・ハイコントロール650超長期(700)タイプ)を用い、育苗期間中は追肥を行わなかった。苗木は植栽前日に掘り取り、大きさを選別してビニル袋に小分けしたうえで段ボール箱に梱包し、植栽当日現地へ運搬した。

使用した苗木のサイズを比較すると、コンテナ苗は普通苗より平均樹高が高く、平均根元直径が小さい、または小さい傾向がみられ、比較苗高(樹高/根元直径)が大きかった(表-1)。普通苗は当地域の通例に倣って、植栽直前に根長が10cm程度になるよう根切りを行った。また、コンテナ苗では、いずれの個体も根系と培土からなる根鉢を形成していた(図-2a)。これらの理由から、コンテナ苗は、普通苗に比べ地下部のサイズ(容量)が大きかった(渡邊ら2013)。

調査地中の急傾斜地(斜面傾斜40度)に調査区1(区域面積400㎡)、緩傾斜地(斜面傾斜11度)に調査区2(区域面積1100㎡)を設置した(図-1)。植栽工程の調査は2014年4月23日～24日に行い、植栽作業は植栽経験のある男性(50代)が1名で行った。植栽は1.8m間隔の方形植え(約3000本/ha)で、普通苗の植栽器具は唐鍬、コンテナ苗の植栽器具はスベードとした。植栽に際し、コンテナ苗では根鉢が植え穴の外に出ないように植えること、普通苗では根を広げて植え穴に入れ外に出ないように土を戻すこと、いずれの場合も苗木の周囲を

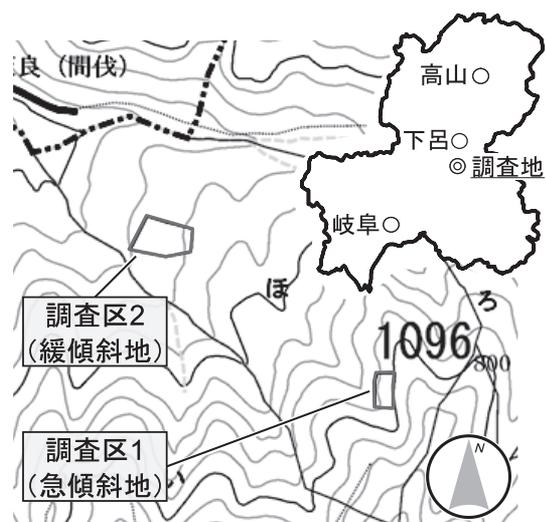


図-1. 調査地と調査区の配置

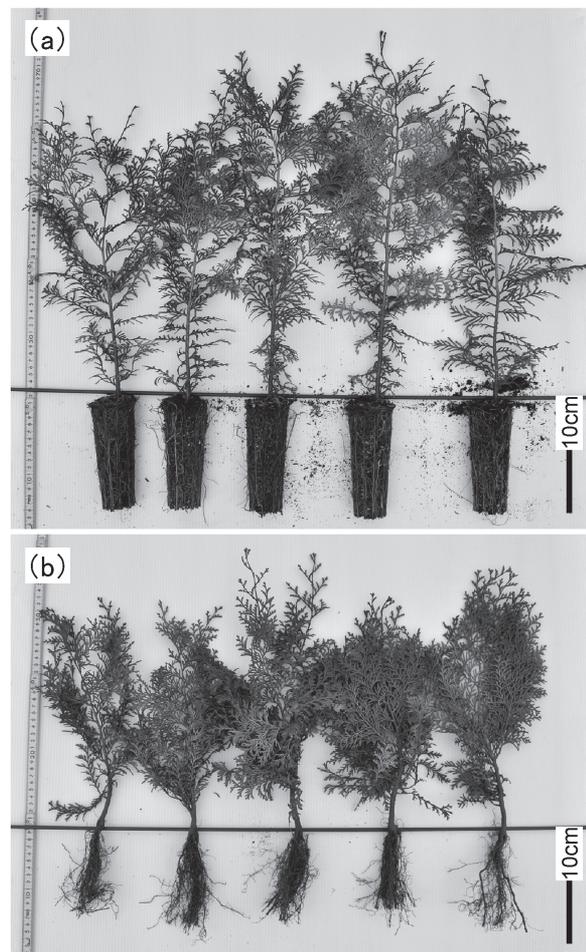


図-2. 植栽に使用した苗木

コンテナ苗(a)と普通苗(b)。いずれも同一の精英樹種子(岐阜県郡上市白鳥町産)を起源とする2年生実生苗である。普通苗は、根長が10cm程度になるよう根切りがしてある。

表-1. 調査区・種類別の苗木の大きさ

調査区	苗木の種類	個体数	苗木の大きさ		
			樹高 (cm)	根元直径 (mm)	比較苗高
調査区1 (急傾斜地)	コンテナ苗	35	47.9 ± 5.3 ^a	4.9 ± 0.6 ^a	97.8 ± 12.9 ^a
	普通苗	35	36.0 ± 3.3 ^b	5.2 ± 0.8 ^a	71.1 ± 10.4 ^b
調査区2 (緩傾斜地)	コンテナ苗	72	49.0 ± 5.4 ^x	4.9 ± 0.5 ^x	100.9 ± 13.2 ^x
	普通苗	72	34.9 ± 4.1 ^y	5.6 ± 0.8 ^y	63.4 ± 8.5 ^y

平均値±標準偏差で示す。異なる添え字は同じ調査区内の植栽区間に統計的に有意差(t検定, $p < 0.01$ または $p < 0.05$)があることを示す。

表-2. 調査区・植栽区別の土壌の性質

調査区	植栽区	調査箇所	石礫率 (%)	厚さ (cm)	
				壤質土	埴質土
調査区1 (急傾斜地)	コンテナ苗	23	0.10 ± 0.20 ^a	3.8 ± 2.4 ^a	16.2 ± 2.4 ^a
	普通苗	21	0.24 ± 0.24 ^b	2.9 ± 2.9 ^a	17.1 ± 2.9 ^a
調査区2 (緩傾斜地)	コンテナ苗	46	0.50 ± 0.31 ^x	3.0 ± 2.3 ^x	17.0 ± 2.3 ^x
	普通苗	47	0.42 ± 0.30 ^x	4.7 ± 4.4 ^y	15.3 ± 4.4 ^y

平均値±標準偏差で示す。異なる添え字は同じ調査区内の植栽区間に統計的に有意差(t検定, $p < 0.05$)があることを示す。

軽く踏みつけることを指示した。植栽本数は、調査区1ではコンテナ苗、普通苗ともにそれぞれ35本(35本×1植栽区)、調査区2ではそれぞれ72本(36本×2植栽区)とした。植栽作業をビデオ撮影し、苗木1本の植栽を1サイクルとして、①移動(次の植栽予定位置までの移動、植栽位置の確認)、②植え穴掘り、③植え付け(苗木の準備、植え付け、土寄せ)の各要素作業に要した時間を植栽区ごとに平均した。植栽作業の作業効率を把握するため、調査地までの苗木の大運搬、作業中の打ち合わせ、調査区内における苗木の補充や小運搬、休憩に要する時間は除外した。また、映像が不鮮明などの理由により、すべての要素作業が解析できないサイクルは解析の対象としなかった。苗木1本あたりの平均植栽時間から、1時間あたりの最大植栽本数(本/人・時)を算出した。植栽後の活着率を検討するため、植栽から1成長期経過後の2015年3月25日に調査対象の全個体の生残を調査し、活着率を算出した。

調査地の植栽効率に関わる立地条件を明らかにするため、方形植えの各中央で土壌調査を行った。調査項目は植え穴の深さ(約20cm以内)に作業の支障となりうる石礫または根系が存在する割合(以下、まとめて石礫率とする)、土壌層位ごとの層厚と土性である。このうち石礫率は、1辺20cmの正方形の頂点および対角線の交点(5箇所)において、検土杖(大起理化学工業株式会社製、DIK-1640相当品)を深さ20cmまで突き刺したときの支障物の有無をもとに計算した。土性は壤質土(壤土、砂質壤土)と埴質土(埴土、埴壤土)に分類し、各土性の厚さを積算した。方形植えの中央に障害物(伐根や枝条の集積)があった場合には、調査地点をずらすか、障

害物が大きい場合にはその地点の調査を省略した。ただし、各植栽区で調査地点数が20以上になるようにした。

植栽工期、立地条件(石礫率、土性ごとの層厚)についてはt検定により、活着率についてはFisherの正確確率検定により、調査区間の違いを比較した。

III 結 果

1. 土壌調査

石礫率(平均値)は、調査区1のコンテナ苗区では0.10、普通苗区では0.24、調査区2のコンテナ苗区では0.50、普通苗区では0.42であった(表-2)。調査区2では両植栽区の石礫率に有意差は認められなかった($p > 0.05$)。調査区1では石礫率に違いがみられ($p < 0.01$)、普通苗区の方が高かった。土性は、第1層では壤質、または埴質で、第2層では埴質であった。土性が壤質を示す層位の厚さ(平均層厚)は、調査区1のコンテナ苗区では3.8cm、普通苗区では2.9cm、調査区2のコンテナ苗区では3.0cm、普通苗区では4.7cmであった(表-2)。調査区2では平均層厚に違いがみられ($p < 0.05$)、普通苗区の方が層厚が厚かった。

2. 植栽効率

苗木1本あたりの植栽に要した時間(植栽時間、平均値)は、調査区1のコンテナ苗区では29.9秒/本、普通苗区では26.9秒/本であった(図-3a)。1時間あたりの植栽本数はそれぞれ120本/人・時、133本/人・時であった。同様に調査区2において、コンテナ苗区では26.8秒/本、普通苗区では平均25.7秒/本であった(図-3b)。1時間あたりの植栽本数はそれぞれ134本/人・時、

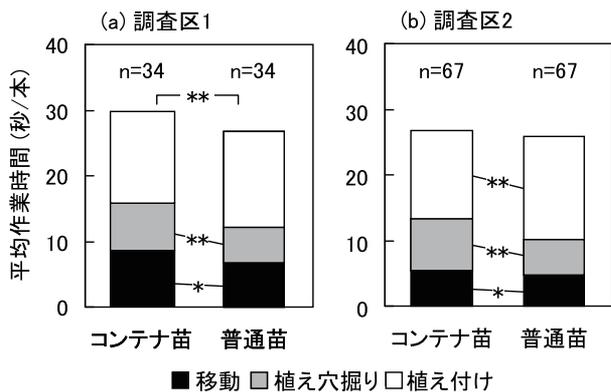


図-3. 調査区1と調査区2における植栽工程

すべての動作が解析可能なサイクルを解析の対象とした。nは解析データ数を示す。アスタリスクは、苗の種類によって植栽時間または各作業時間に統計的な有意差 (t検定, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$) があることを示す。

表-3. 調査区・苗木の種類別の活着率

調査区	苗木の種類	個体数 (本)			活着率 (%)
		植栽	枯死	生残	
調査区1 (急傾斜地)	コンテナ苗	35	0	35	100 ^a
	普通苗	35	8	27	77 ^b
調査区2 (緩傾斜地)	コンテナ苗	72	0	72	100 ^{ns}
	普通苗	72	5	67	93 ^{ns}

異なる添え字は同じ調査区内の苗の種類による統計的な有意差 (Fisherの正確確率検定, $p < 0.01$) を示す。

140本/人・時であった。調査区1では苗木の種類間において植栽時間に有意差が認められ ($p < 0.01$)、普通苗の方が植栽時間が短かった。調査区2では苗木の種類による植栽時間に有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。要素作業のうち植え穴掘りに要した時間 (平均値) を比較すると、両調査区ともにコンテナ苗の方が長く (図-3)、それぞれの調査区で平均値に有意差がみられた ($p < 0.01$)。

3. 苗木の活着率

2015年3月時点における苗木の種類ごとの活着率を比較した (表-3)。調査区1のコンテナ苗では100%、普通苗では77%、調査区2のコンテナ苗では100%、普通苗では93%であった。調査区1では苗木の種類によって活着率に差がみられ ($p < 0.01$)、コンテナ苗の方が高かった。

IV 考 察

1. 活着率

本研究において、植栽当年のコンテナ苗は普通苗と同等かやや高い活着率を示した (表-3)。したがって、コンテナ苗の植栽方法は従来の方法で植栽された普通苗と比較して、おおむね適切であったと考えられる。また、

コンテナ苗は、掘り取り後の苗木の取り扱いや植栽前後の気象条件の影響を受けにくい根鉢つき苗であり (山川ら 2013)、コンテナ苗の利点として、培土付きで植栽することによる活着率の高さ (遠藤 2007; 岩井ら 2012) がある。これまでにも、コンテナ苗が高い活着率を示す事例 (福田ら 2012; 岩井ら 2012; 山川ら 2013; 渡邊ら 2013) が報告されている。本調査地でも根鉢によって植栽時の苗木のストレスが軽減される (岩井ら 2012) というコンテナ苗の特性が発揮されたと考えられる。

2. コンテナ苗の植栽工程と立地条件

本研究では、急傾斜地 (調査区1) において、コンテナ苗と専用植栽器の組み合わせは、普通苗と唐鍬の組み合わせである従来の植栽方法に比べ、植栽に時間を要した (図-3a)。緩傾斜地 (調査区2) においても、急傾斜地 (調査区1) よりコンテナ苗の植栽時間は短縮されたが、植栽効率は普通苗のそれに比べて向上しなかった (図-3b)。コンテナ苗の植栽効率については、唐鍬を用いたスギ・コンテナ苗の植栽効率が緩傾斜地、中傾斜地、急傾斜地において普通苗の約2倍に向上した事例 (今富 2011) が報告されている。また、プランティングチューブを用いることによって、スギ・コンテナ苗の植栽効率が普通苗に比べて最大3.7倍に向上した例 (岩井ら 2012) がみられる。このように、コンテナ苗の導入により植栽効率が向上した事例もみられる一方で、福田ら (2012) は緩傾斜地 (平均傾斜4度、10度) に比べ急傾斜地 (平均傾斜39度) において、カラマツ・コンテナ苗の植栽効率が低下した例を報告した。また、渡邊ら (2013; 2014) は、急傾斜地 (傾斜35~10度) において、ヒノキ・コンテナ苗の植栽効率が普通苗に比べて低下したこと、その理由として、不安定な急傾斜地ではコンテナ苗の専用植栽器が扱いにくいことを挙げている。つまり、苗木の植栽効率は、植栽地の傾斜の影響を受けるとことが推察される。

両調査区でコンテナ苗の植栽に時間がかかったのは、個別の要素作業のうち植え穴掘りにかかる時間が長かったためである (図-3)。農地土壌の評価において、土壌の耕うんのしやすさは土壌の土性と関連性があり、土性が壤質な土壌では容易に耕うんできるのに対し、埴質な土壌ではやや困難~困難だとされている (新潟県農林水産部 2005)。本研究の調査区では、埴土、砂質埴土を示す層位の層厚は、すべての植栽区において相対的に薄く、穴を掘る対象の層位の多くは埴土または埴土が占めていた (表-2)。土壌を掘削する点では、植え穴掘りは耕うんと同質の作業である。土壌の性質は、植え穴掘りの作業性にも影響を及ぼすと推測される。本研究でコンテナ苗の対象として用いた普通苗は、先に述べたとおり植栽前に根切りをし、根の広がりを整理した苗木であ

る。コンテナ苗の根系部分（根鉢）は普通苗の根系よりも大きかった（図-2）。したがって、コンテナ苗の植え穴掘り作業においては根鉢を土中に収めるために、普通苗よりも深い植え穴を掘る必要があったと考えられる。そのため、コンテナ苗の植え穴掘り作業において、植え穴が掘りづらいという植質の土壌条件が、普通苗よりも強く影響したと推測される。さらに、調査区1は急傾斜地であり、調査区2は石礫率が高い（表-2）。植栽にとって不利なこれらの条件が重なることによって、コンテナ苗の植栽効率が低下したと考えられる。

本研究により、植栽地の条件によっては、コンテナ苗や専用植栽器の導入が植栽作業の省力化につながらない場合があることが明らかになった。今後、コンテナ苗技術を広く普及していくためには、植栽効率に影響を及ぼす要因を明らかにし、コンテナ苗の適応条件についての知見を収集する必要がある。一方、急傾斜地や石礫地などの条件不利地でも、唐鍬やパールとの組み合わせでコンテナ苗の植栽効率が向上した例が報告されている（三村ら 2014；渡邊ら 2014）。したがって、今後は現地の立地条件に合わせてコンテナ苗の植栽器具を検討することに加え、苗木の生理特性とのバランスを取りつつ、植え穴を小さくするようコンテナ苗の根鉢形状を最適化する必要があると考えられる。

本研究は、岐阜県と中部森林管理局との共同事業である。調査地の設定にあたっては、中部森林管理局 森林技術・支援センターのお力添えと中部森林管理局 岐阜森林管理署の協力をいただいた。本調査・研究の実施にあたり、中部森林管理局 岐阜森林管理署、中部森林管理局 森林技術・支援センター、岐阜県白鳥林木育種事業地、岐阜県森林整備課、岐阜県森林研究所の関係者の皆さまにお手伝いいただいた。本研究の一部は、農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）」により実施した。ここに記して各位に厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 遠藤利明（2007）コンテナ苗の技術について，山林 1478：60-68
- 遠藤利明・山田健（2009）JFA-150コンテナ苗育苗・植栽マニュアル。（低コスト新育苗・造林技術開発事業報告書（平成20年度）．林野庁，林野庁）．74-90
- 福田達胤・松尾亨・渡辺貞幸・木戸口佐織（2012）民国連携によるコンテナ苗の実証試験と普及．平成23年度 森林・林業技術交流発表集（東北森林管理局）：113-117
- 今富裕樹（2011）スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発，伐採・地拵え・植栽の一貫作業による低コスト化，現代林業 542：52-55
- 岩井有加・大塚和美・長谷川尚史（2012）スギコンテナ苗の形態的特徴と植栽後の成長．現代林業 551：40-44
- 気象庁（2016）気象統計情報，過去の気象データ検索（オンライン）．<http://www.jma.go.jp/>（参照：2016年1月14日）
- 三村晴彦・吉村美美子・千村知博（2014）コンテナ苗の普及に向けた取り組みについて．中部森林技術交流発表集（平成25年度）：44-50
- 新潟県農林水産部（2005）新潟県における土づくりのすすめ方．新潟県農林水産部
- 林野庁（2011）森林・林業白書（平成23年度）．全国林業改良普及協会
- 渡邊仁志・白田寿生・茂木靖和（2013）ヒノキ2年生コンテナ苗の植栽工期と初期生存率．岐阜県森林研研報 42：19-24
- 渡邊仁志・茂木靖和・早川幸治・白田寿生・古川邦明（2014）植栽器具の違いが急傾斜地におけるヒノキ・コンテナ苗の植栽工期に及ぼす影響．中森研 62：5-8
- 山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三（2013）植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後1年目の活着と成長に及ぼす影響．日林誌 95：214-219