

単一試験地に植栽されたスギ・コンテナ苗の活着・成長に対する種子供給地域の影響

The effect of seed supply region on survive and growth performances of container saplings
in *Cryptomeria japonica* after outplanting in a same site

壁谷大介*1・宮本和樹*1・柴田章治*2・清野陽介*3・山田健*4・落合幸仁・宇都木玄*1

Daisuke KABEYA*1, Kazuki MIYAMOTO*1, Shoji SHIBATA*2, Yousuke SEINO*3, Takeshi YAMADA*4,
Yukihito OCHIAI and Hajime UTSUGI*1

* 1 森林総合研究所

FFPRI, Tsukuba 305-8687

* 2 森林総研・森林整備センター中部整備局

FFPRI・Forest Management Center・Chubu, Nagoya 450-0002

* 3 森林総研・森林整備センター宇都宮水源林整備事務所

FFPRI・Forest Management Center Utsunomiya office, Utsunomiya 320-0046

* 4 森林総研・北海道

FFPRI・Hokkaido, Sapporo 062-8516

要旨：コンテナ苗の性能に対する種子産地の影響を明らかにするために、青森・秋田・山形・茨城・高知で採取された種子を2012年春に播種し、120ccのスリットコンテナを用いて同一条件で一年間栽培した後、2013年5月に栃木県鹿沼市に植栽した。同時に比較対象として栃木産の通常の3年生のスギ苗木（裸苗）も植栽し、その後の成長・活着を比較した。植栽時点の個体サイズは、樹高・基部直径共に裸苗がコンテナ苗を上回っていた。また、コンテナ苗の中でも茨城県産の苗は他の地域のものよりも植栽時の樹高が高かった。植栽から3シーズンの間の樹高成長率は、コンテナ苗と裸苗の間では差はみられなかったが、肥大成長率は、コンテナ苗が裸苗を上回っていた。コンテナ苗の間では、山形県産の種子に由来する苗が、樹高成長率・肥大成長率とも優れていた。全てのコンテナ苗の形状比（比較苗高）は成長に伴い低下し、2016年5月の時点では東北産の苗の形状比が茨城・高知産のものよりも小さくなった。このことから形態安定後の苗の形状比は、系統的な違いがある可能性が示唆された。

キーワード：コンテナ苗，種子産地，成長率，形状比

Abstract: To evaluate the effect of seed supply region on container sapling performance, seeds that were collected from Aomori, Akita, Yamagata, Ibaraki, and Kochi were sowed in spring 2012 and cultivated with the same condition for a year using 120cc side-slit type container-tray, and they were outplanted in Kanuma on May 2013. Three-year-old bare root saplings originated in Tochigi were also outplanted, and their survival and growth performance were compared. Height and diameter at the outplanting were larger in bare-root saplings than container saplings. Within the container saplings, originated in Ibaraki was the largest in size. The height growth rate for three growing season was not different between bare-root saplings and container saplings, but the diameter growth rate was higher in container saplings than bare-root ones. Within the container saplings, both the height growth rate and diameter growth rate was the highest in saplings originated in Yamagata. The steady quality in all container saplings was decreased with growth, and the steady qualities of the saplings originated in Tohoku districts were smaller than those of the seedlings in Ibaraki and Kochi on May 2016. This result suggests that the steady quality after sapling morphology steadied is depend on phylogenetic constraint.

Keywords: container sapling, location of seed origin, growth rate, steady quality

I はじめに

国内では2007年頃から九州で始まったコンテナ苗の

利用は、近年全国的な広がりを見せている。それに伴い、コンテナ苗の植栽試験も各地で行われている。コンテナ苗と通常生育の苗（裸苗）との活着・成長成績は、大局的には違いがないものの、コンテナ苗の間でも活着・成長成績は地域間でばらつく²⁾。コンテナ苗の植栽後の成績が地域間でばらつく要因としては、植栽環境の違い、系統的な違い、あるいは苗木の栽培方法の違い等が考えられる。そこで、本研究では、種子産地の違い（系統的な違い）がコンテナ苗の植栽後の活着・成長成績に与える影響を評価するため、同一環境で栽培したコンテナ苗を、一カ所の試験地に植栽した場合の活着・成長状況について調査した。

II 方法

1. 調査地 調査地は、栃木県鹿沼市上粕尾の民有林である。標高は 700m、斜度 35 度程度の急峻な北向き斜面に位置する。

本研究では、1 年生のコンテナ苗および 3 年生の裸苗を調査対象とした。コンテナ苗は、青森・秋田・山形・茨城・高知産の種子を、森林総合研究所内の圃場施設において 2012 年 4 月～2013 年 6 月の間、BCC 社製の 120cc・サイドスリット付きのマルチキャビティコンテナを用いて栽培した。培地にはココピートを用い、種子は直接コンテナに播種した。裸苗は、栃木県内で通常植栽された苗を栃木県首謀組合より購入した。2013 年 6 月 16 日に、コンテナ苗および裸苗を試験地に植栽した。それぞれの苗の植栽数は、表-1 の通りである。試験地はシカによる食害を防ぐため、周囲に防鹿ネットを設置した。

表-1 各調査時における個体数。裸苗以外は、コンテナ苗
Table 1 Numbers saplings at each research campaign

	個体数 (生存/死亡*)			
	2013.06**	2013.12	2015.04	2016.05
裸苗	32	31 / 1(0)	30 / 2(0)	27 / 5(1)
秋田	31	30 / 1(1)	28 / 3(1)	24 / 7(3)
青森	32	31 / 1(0)	30 / 2(1)	27 / 5(2)
茨城	30	25 / 5(2)	24 / 6(3)	21 / 9(3)
高知	30	30 / 0(0)	30 / 0(0)	28 / 2(2)
山形	34	32 / 2(2)	29 / 5(2)	27 / 7(3)

*: カッコ内は誤伐・消失以外の累積死亡個体数

** : 13 年 6 月の個体数は、植栽本数

植栽後の活着・生育状況を調べるため、植栽された個体に対して、生存の有無および、樹高・基部直径の測定

を行った。調査は 2013 年 6 月～2016 年 5 月の間、4 回実施した（表-1）

2. 解析 苗タイプ（コンテナ苗、または裸苗）および種子産地間における植栽後の生存率を比較するために、Kaplan-Maier 法を用いた生存分析を行った。生存曲線の比較には log-rank 検定を用いた。

植栽苗の成長を苗タイプ間で比較するため苗タイプ・調査年および、それらの交互作用を固定効果とするモデル（モデル 1）、またコンテナ苗については種子産地間で比較するために、種子産地・調査年および、それらの交互作用を固定効果とするモデル（モデル 2）について、一般化線形混合モデル（GLMM）を用いて解析を行った。モデル 1 においては、種子産地および個体差の影響を変量効果としてモデルに加えた。モデル 2 においては、個体差の影響を変量効果としてモデルに加えた。残差プロットを確認した結果から、樹高・直径の解析の際には誤差分布として対数正規分布を仮定し、形状比の解析の際には、誤差分布値として、正規分布を仮定した。

モデル選択は AIC を基準とし、コンテナ苗における種子産地間の比較において種子産地が効果に含まれた場合、多重比較検定の代わりに 5 つの種子産地の組み合わせで AIC が小さくなるものを探索した³⁾。全ての解析には、R3.30 を用いて、生存分析には survival パッケージ、GLMM には、nlme, MASS パッケージを利用した。

III 結果・考察

1. 活着 植栽された苗木の 2016 年 5 月時点での生存率は、もっとも高い山形産コンテナ苗で 92%、最低の茨城産コンテナ苗で 70%であり、生存分析において苗タイプ・種子産地間で生存曲線に差は見られなかった ($p=0.26$)。ただし、調査期間中の苗木の死亡要因として最も多かったのが誤伐であり、さらに誤伐が主要因と思われる消失も加えると、死亡要因の過半数を超えていた（図-

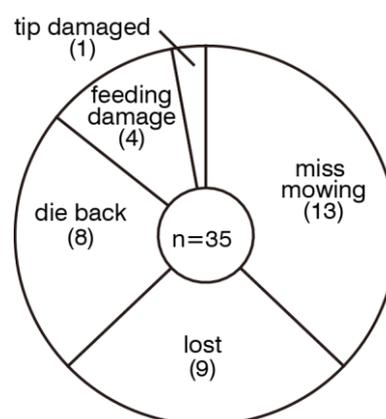


図-1. 植栽苗の死亡要因

Fig.1 The cause of mortality of out-planted container and bare root saplings in C.

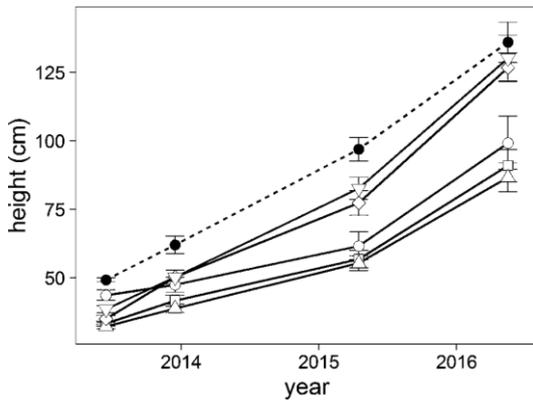


図-2 スギ苗の植栽後の樹高成長（平均値±標準誤差）。シンボルは、中塗りが裸苗、白抜きがコンテナ苗で、□：秋田、△：青森、▽：山形、○：茨城、◇：高知。
Fig 2. Height growth of out-planted saplings of *C. japonica*.

1)。なお、誤伐・消失で死亡した個体を除いた場合の生存率は、88%（茨城）～100%（裸苗・高知）の範囲であり、生存分析において苗タイプ・種子産地間で生存曲線に差は見られなかった（ $p=0.71$ ）。

3年で85%の活着率があれば補植は不要とされており⁴⁾、この点から植栽適期の春であれば、コンテナ苗、裸苗を問わず活着成績は良好であったといえる。

2. 樹高・肥大成長 植栽時の樹高は、3年生の裸苗が1年生のコンテナ苗を大きく上回っていた（図-2）。コンテナ苗の中では、茨城県産の苗が他県産よりも高かった。植栽後の樹高成長率（＝回帰式の傾き）は、コンテナ苗・裸苗の間で同程度であった（表-2）。コンテナ苗においては種子の産地間で樹高成長率に違いがみられ、樹高成長、山形≧高知>青森≧秋田>茨城 の関係であった（表-2）。3生育シーズンが経過した2016年5月の時点では、樹高成長率の良い山形・高知産のコンテナ苗が裸苗の樹高に迫っていたものの、依然として裸苗の苗高がコンテナ苗を上回っていた（図-2）。

植栽時の基部直径においても、裸苗がコンテナ苗を大きく上回っていた（図-3）。植栽後の肥大成長率は、コンテナ苗が裸苗より大きかった（表-2）。またコンテナ苗においては、種子の産地間で肥大成長率に違いがみられ、山形>高知≧秋田≧青森>茨城 の関係であった（表-2）。2016年5月の時点では、高知産のコンテナ苗が裸苗の基部直径を上回っていた（図-3）。

植栽後の樹高成長・肥大成長は、共に山形産の苗が高い成長率を示した一方で、植栽時には最も苗高の高かった茨城県産の苗は、植栽後の成長率は低かった。コンテナ苗においては、育苗段階で徒長した苗は、植栽後の樹高成長が抑制されることがある⁴⁾。茨城県産のコンテナ

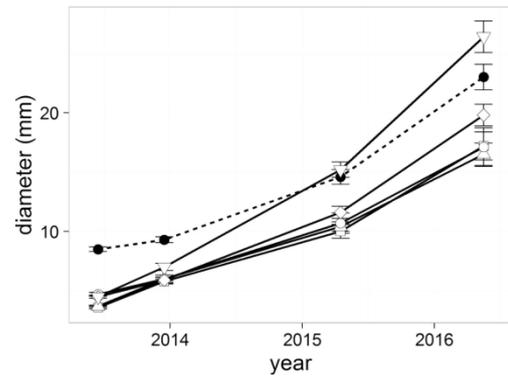


図-3 スギ苗の植栽後の肥大成長（平均値±標準誤差）。シンボルは、図-2 参照。
Fig 3. Diameter growth of out-planted saplings of *C. japonica*.

苗を春に植栽した場合には旺盛な成長を示した例もあることも考えると⁴⁾、本研究における茨城県産苗の成長の低さは、栽培条件が茨城県産苗には最適化されていなかった可能性がある。同一の栽培方法で栽培を行っても、出荷時のサイズが種子産地間で異なることを含めて考えると、それぞれの地域の系統にあった育苗方法を個別に検討する必要があるかも知れない。

3. 形状比（比較苗高） 植栽時点では、裸苗の形状比の平均値は58.5であったのに対し、コンテナ苗は高知県産のものを除いて84.9～93.9と比較的高かった（図-4）。植栽後、裸苗の形状比は測定毎に変動はするものの、成長に伴う変化はみられず59～67の範囲を保っていた。一方でコンテナ苗の形状比は、いずれの産地のものも成長と共に底打ち的に減少し、2016年5月時点では、形状比は、高知（64.9）>茨城（59.8）>秋田（53.4）≧青森（52.6）>山形（48.7）の関係であった（図-4）。

コンテナ苗は、栽培の特性上出荷時の形状比が高くなることが多い。しかしながら、多くの場合、形状比は植栽後数年で低下し裸苗と遜色なくなる。東北地方での植栽試験においては、植栽後数年経て安定状態となったスギ苗の形状比（以後、到達形状比）は、40～60の範囲に収まっていた⁴⁾。関東を中心とする植栽試験では、植栽3年後のスギ・コンテナ苗の形状比の分布は東北地方よりわずかに高く、中央値57であった⁴⁾。本研究においても、植栽から3シーズン後のコンテナ苗の形状比は、東北地方由来ものが、茨城・高知由来の苗よりも低い値を示していた。この結果から、地域ごとの到達形状比の違いは、植栽環境ではなく系統差に起因するものであることが示唆される。スギのウラ・オモテは遺伝的に分化しており⁴⁾、東北地方のスギはいわゆるウラスギに属するのに対し、高知および茨城産のスギは、オモテスギ系に属すると考えられる。おそらく、この違いが稚樹時点

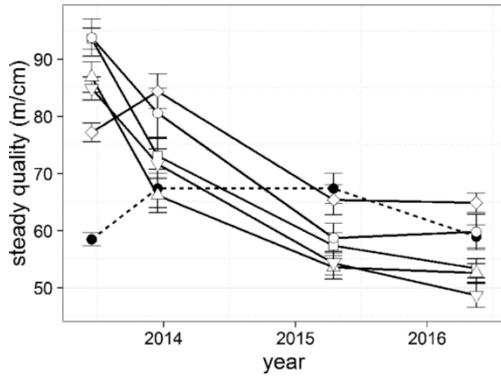


図4 スギ苗の、植栽後の形状比変化 (平均±標準誤差)。シンボルは図2参照。

Fig 4. Change of steady quality of out-planted saplings in *C. japonica*.

での到達形状比の違いにも現れているのではなかろうか。

IV まとめ

本研究において、種子生産地の違いがコンテナ苗の成長に差をもたらすことが明らかにされた。とりわけ、形状比変化の漸近値が、種子産地毎で異なる可能性が示唆された。本研究では一試験地での植栽試験のため、一般性には乏しいものの、種子産地の違いの影響を考慮する際の有益な情報源になると思われる。本研究の一般性を確認するために、複数の試験地での植栽試験を行う必要があるだろう。

謝辞: 本研究は、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」の支援を受けて行った。

引用文献

表-2 GLMMによる成長・形状比関数のパラメータ推定値。異なるアルファベットは、AICを基準とした変数選択の結果、それぞれ別の式として推定されたものをあらわす。

Table-2 Parameters of growth function and steady quality functions rates estimated by GLMM. Different character means that estimated parameters are different each other as the results of AIC based parameter selection.

カテゴリ	log(樹高)		log(直径)		形状比					
	intercept	slope	intercept	slope	intercept	Slope				
モデル 1 (苗タイプ間)	裸苗	3.88	0.32	2.12	0.33	59.5	-0.2			
	コンテナ平均	3.58	0.32	1.48	0.49	83.5	-10.9			
モデル 2 (種子産地間)	秋田	3.51	0.29	b	1.37	0.48	c	86.6	-13.2	b
	青森	3.46	0.30	b	1.42	0.47	c	79.2	-11.0	a
	茨城	3.71	0.23	c	1.54	0.40	d	89.7	-12.3	b
	高知	3.58	0.40	a	1.51	0.49	b	81.0	-6.3	a
	山形	3.65	0.37	a	1.57	0.57	a	81.1	-12.4	c
選択された 固定効果	モデル 1	年, 苗タイプ		年, 苗タイプ, y×t		年, 苗タイプ, y×t				
	モデル 2	年, 産地, y×o		年, 産地, y×o		年, 産地, y×o				

(1) 櫃間 岳・八木橋勉・松尾 亨・中原健一・那須野俊・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・柴田銃江 (2015) 東北地方におけるスギコンテナ苗と裸苗の成長, 東北森林科学会誌, **20**: 16-18

(2) 壁谷大介・宇都木玄・来田和人・小倉 晃・渡辺直史・藤本浩平・山崎真・屋代忠幸・梶本卓也・田中 浩 (2016) 複数試験地データからみたコンテナ苗の植栽後の活着および成長特性, 日林誌, **98**: 214-222

(3) 久保 拓 弥 (2004) <http://hosho.ees.hokudai.ac.jp/~kubo/ce/2004/index.html>

(4) RASANEN P. K in "Proceedings, canadian containerized tree seedling" (SCARRATT J. B., GLERUM C. and PLEXMAN C. A. eds.). Department of the Environment, Canadian Forestry Service, Toronto, 1982.

(5) TSUMURA Y., KADO T., TAKAHASHI T., TANI N., UJINO-IHARA T. and IWATA H. (2007) Genome scan to detect genetic structure and adaptive genes of natural populations of *cryptomeria japonica*., Genetics, **176**: 2393-2403

(6) 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 日林誌, **98**: 139-145.