

スギの苗種および植栽方法が根元曲がりに及ぼす影響

図子 光太郎

The influence of seedling type and planting method on basal sweep
of *Cryptomeria japonica*

Kotaro ZUSHI

富山県農林水産総合技術センター
森林研究所研究報告

No.11 平成31年3月31日 発行

Reprinted from

BULLETIN

OF

THE TOYAMA FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

No.11 2019.3

【論文】

スギの苗種および植栽方法が根元曲がりに及ぼす影響

図子 光太郎

The influence of seedling type and planting method on basal sweep of *Cryptomeria japonica*

Kotaro ZUSHI

スギのコンテナ苗と裸苗を植栽し、積雪による倒伏や根元曲がりの発生状況について調査した。また、コンテナ苗を植栽する際の深さや用いる器具を変えることによって（ディブル普通植え、ディブル深植え、鋤植え）、倒伏や根元曲がりの発生を抑制できるかについて検討した。前年春に植栽し1積雪期を経過した植栽木の倒伏角度は裸苗で最も小さく、コンテナ苗ディブル普通植えで最も大きかった。3成長期経過後の傾幹幅は裸苗で最も小さく、次いでコンテナ苗ディブル深植えおよびコンテナ苗鋤植えとなり、コンテナ苗ディブル普通植えで最も大きかった。多雪地において植栽木の倒伏や根元曲がりを防ぐには、裸苗の使用が望ましいが、植栽時期の制約などからコンテナ苗を用いる場合には、ディブル深植えや鋤植えを実施すべきである。

キーワード：スギ・根元曲がり・倒伏・コンテナ苗・裸苗

1. はじめに

林業の収益性が低下するなか持続的な林業経営を行うためには造林経費の削減を図る必要がある。特に全体の6割を占めるとされる植栽を含めた初期保育の経費削減は（林野庁 2011）、多くの人工林が伐期を迎えるなか、喫緊の課題と言える。こうした課題に対する解決策の1つとして期待を寄せられているのがコンテナ苗の導入である。

コンテナ苗はマルチキャビティコンテナなどのコンテナトレーを使って育成された培地付きの苗である。培地と根から形成されたコンパクトな根鉢を有することから、ディブルやプランティングチューブなどの専用器具を用いることによって、一般的な裸苗より効率的に植栽することができる（森林総合研究所 2013；図子 2018）。作業面での効率性ととともに、裸苗に比べ活着に優れ、植栽可能期間を長くとることがで

きる（遠藤 2007；Grossnickle and El-Kassaby 2016；原山ら 2016；新保ら 2016；山川ら 2013；図子 2018）。こうした特性から、伐採から植栽までの作業を一貫して行う「一貫作業システム」と組み合わせることで、再造林における経費縮減や省力化に効果を上げている（梶本ら 2016；森林総合研究所 2013）。

一方、富山県のような日本海側の多雪地ではスギ（*Cryptomeria japonica*）コンテナ苗は裸苗に比べ積雪による倒伏被害を受けやすいことが確認されている（図子 2016；図子 2018）。また、植栽木の倒伏が根元曲がりの原因であることはよく知られている（Burdett *et al.* 1986；平 1987；Rune and Warensjo 2002）。このため多雪地でコンテナ苗を利用すると根元曲がりの発生を助長する可能性がある。そこで本研究では、コンテナ苗と裸苗の植栽初期の倒伏や根元曲がりの発生について比較調査を行った。さらに、コンテナ苗を植栽する際の器具や深さを変えることによって倒伏や根元

曲がりの発生を抑制できるかについて検討するとともに、植栽後の生育状況の違いについても調査を行った。

2. 調査地と調査方法

調査は富山県富山市八尾町上牧地内にある 71 年生スギ人工林皆伐跡地 (1.5 ha, 北緯 36° 29' 8", 東経 137° 4' 59", 標高 570 m, 平均傾斜 23°) で行った。スギ林の伐採は 2015 年 10~12 月にかけて行われ、2016 年 5 月上旬に地拵えが行われた。メッシュ平年値 2010 (気象庁 2012) から推定したこの伐採跡地の年平均気温は 10.1°C, 年降水量は 2511 mm である。また、メッシュ平年値 2010 の気温と降水量および標高から推定した平均最大積雪深は 2.27 m である (相浦ら 2018)。表層地質は岩稜層に区分される安山岩、安山岩質凝灰角礫岩および凝灰岩から成る (富山県 1979)。土壌は適潤性褐色森林土 (B₀) が大部分を占め、一部に適潤性褐色森林土偏乾型 (B₀(d)) が分布する (富山県 1978)。

本調査で用いた苗は富山県農林水産総合技術センター森林研究所 (富山県中新川郡立山町吉峰) 内の採種園で採取した優良無花粉スギ「立山 森の輝き」の種子から育成した 2 年生コンテナ苗と 3 年生裸苗である。このうちコンテナ苗は同じく森林研究所内のビニールハウス内で内径 56 mm, 高さ 160 mm となるよう調整した M スターコンテナ (三樹 2014) を用いて育苗した。培地には緩効性肥料を添加したバーミキュライトを用いた。一方、裸苗は富山県魚津採種園 (富山県魚津市石垣村) 内の苗圃において育成した。

山出しに際し、コンテナ苗は、植栽前日の夕方にコンテナ容器から取り出し、10 本毎にラップフィルムで束ね、5 束毎に稲わらでできた薦で梱包し、翌日まで屋内で保管した。裸苗は、植栽前日の夕方に苗畑から掘り上げ、100 本毎に薦で梱

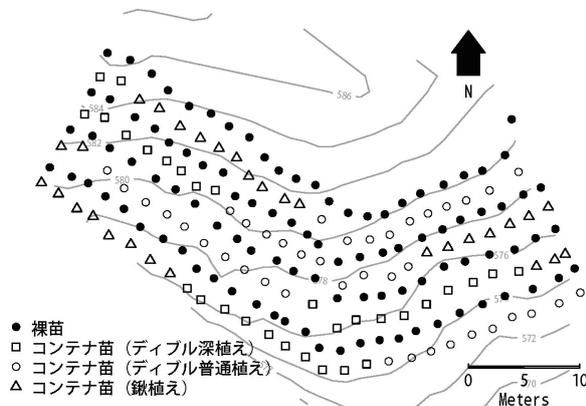


図-1 植栽木の配置

表-1 苗タイプと植栽本数

苗タイプ	植栽本数
裸苗	100
コンテナ苗ディブル深植え	40
コンテナ苗ディブル普通植え	30
コンテナ苗鋤植え	30

包した。苗の乾燥を防ぐため、薦の上から散水した後、翌日まで屋内で保管した。

皆伐跡地の南向きの尾根をまたぐ傾斜 13~38° の斜面に植栽試験区 (0.08 ha) を設けた。2016 年 5 月 20 日、調査地に苗を搬入した後、直ちにコンテナ苗と裸苗をそれぞれ 100 本ずつ試験区内に植栽した (図-1)。コンテナ苗は植栽器具にディブルと鋤を用い、さらにディブル植栽の場合には、根鉢の上端面と植穴周辺の地表面とが同じ高さになる普通植えと根鉢上端面が地表面より 5 cm 程度低くなる深植えを設けた。コンテナ苗の鋤植えでは、根鉢の高さよりやや深めの植穴を掘り、埋め戻した土によって根鉢が完全に隠れるよう植栽した。裸苗については全て鋤を用い、いわゆる丁寧植えにより植栽した。本論では、苗種と植栽方法との組み合わせから、コンテナ苗ディブル普通植え、コンテナ苗ディブル深植え、コンテナ苗鋤植え、裸苗の 4 種があり、この種別を苗タイプと称する。苗タイプ別の植栽本数は表-1 のとおりである。苗の植栽間隔は基本的に 2 m とし (2500 本/ha), 根株や大型の礫などの障害物がある場合にはそれらを避け、その近辺に植栽するようにした。なお、植栽後の乾燥によって裸苗の大部分が枯死したため、2016 年 6 月 30 日に全ての裸苗を除去し、再度植栽を行った。この際に用いた裸苗は最初の植栽で用いたものと同じ苗圃で育苗された優良無花粉スギ「立山 森の輝き」の 3 年生苗である。

植栽の翌年から年に 1 度下刈りを実施した (毎

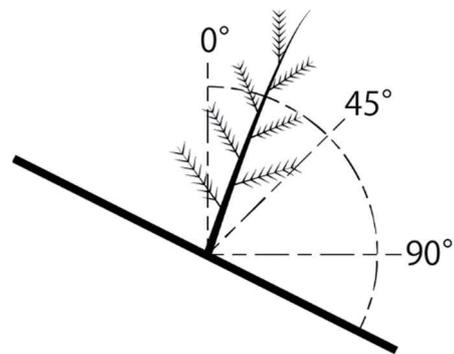


図-2 倒伏角度の模式図

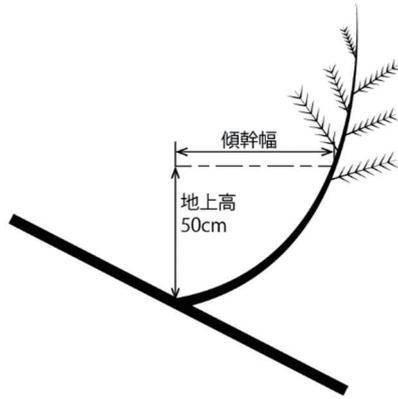


図-3 傾幹幅の模式図

年7月に実施)。また、根踏みや雪起こしなどの根元曲がりを軽減するための作業は行わなかった。

植栽直後に全個体の地際直径と樹高を測定し、その後2016年、2017年および2018年の10月にも測定を行った。2017年5月12日に積雪によって倒れた植栽木の倒伏角度を調べた。倒伏角度は幹の地際と先端を結んだ直線の角度を勾配定規により測定した(図-2)。さらに2018年10月21日に根元曲がりの程度を評価するため傾幹幅を測定した。傾幹幅は地際での樹幹の中心から地上高50cmにおける樹幹の中心までの水平距離を

定規で測定した値である(図-3)。従って、地上高が50cmに満たない個体については測定から除外した。

倒伏角度および各成長期経過後の樹高と地際直径について苗タイプ間の差を検定し(t検定)、Bonferroniの方法を用いて多重比較した。傾幹幅に影響する要因を明らかにするため、傾幹幅を従属変数に、苗タイプ、植栽位置の斜面傾斜、積雪の影響を受けていない1成長期経過後の地際直径および樹高を説明変数とし、一般化線形モデルにより解析を行った。その際、誤差構造にはガンマ分布を仮定し、リンク関数に対数関数を用いた。また、最適モデルを作成するため、モデルの赤池情報量規準(AIC)が最も低くなるよう変数選択を行った。なお、本論で用いた全ての解析は統計パッケージR3.4.2(R Core Team 2017)で行った。

3. 結果

植栽時の平均樹高は裸苗が他の3タイプのコンテナ苗より有意に小さかったが、1成長期経過後に有意差はなくなり、2成長期経過後および3成長期経過後には裸苗が鋤植えを除くコンテナ苗を有意に上回った(表-2)。平均直径は植栽時点において裸苗が他の3タイプのコンテナ苗より有意

表-2 植栽木の平均樹高、平均直径および生存率の推移

	苗タイプ	平均樹高 ± SD	平均直径 ± SD	生存率 %
		cm	mm	
植栽時	コンテナ苗ディブル深植え	42.1 ^a ± 6.6	4.8 ^b ± 0.8	100.0
	コンテナ苗ディブル普通植え	46.6 ^a ± 4.9	5.3 ^b ± 0.9	100.0
	コンテナ苗鋤植え	44.6 ^a ± 6.1	5.0 ^b ± 1.1	100.0
	裸苗	40.7 ^b ± 5.8	7.2 ^a ± 1.4	100.0
1成長期	コンテナ苗ディブル深植え	47.6 ± 7.2	6.1 ^b ± 1.2	96.7
	コンテナ苗ディブル普通植え	46.7 ± 6.5	6.2 ^b ± 1.2	60.0
	コンテナ苗鋤植え	50.0 ± 6.9	6.9 ^b ± 1.3	86.7
	裸苗	48.3 ± 8.8	7.9 ^a ± 1.5	98.0
2成長期	コンテナ苗ディブル深植え	57.3 ^b ± 11.3	8.9 ^{bc} ± 2.0	93.3
	コンテナ苗ディブル普通植え	51.6 ^b ± 12.4	8.1 ^c ± 2.0	60.0
	コンテナ苗鋤植え	63.7 ^{ab} ± 13.1	9.9 ^b ± 2.3	86.7
	裸苗	68.2 ^a ± 14.9	11.3 ^a ± 2.2	98.0
3成長期	コンテナ苗ディブル深植え	85.0 ^b ± 20.9	18.1 ^b ± 6.3	90.0
	コンテナ苗ディブル普通植え	79.9 ^b ± 21.9	17.8 ^b ± 6.3	55.0
	コンテナ苗鋤植え	94.0 ^{ab} ± 23.2	20.1 ^{ab} ± 6.9	83.3
	裸苗	105.4 ^a ± 23.2	22.2 ^a ± 6.3	96.0

異なるアルファベットは苗タイプ間で有意差があることを示す($p < 0.05$)。

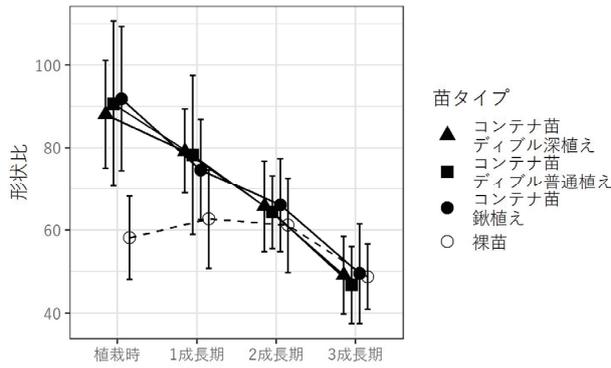


図-4 植栽木の平均形状比（樹高/地際直径）の推移
バーは標準偏差を表す。

に大きく、1成長期経過後および2成長期経過後も裸苗がコンテナ苗よりも有意に大きかった。3成長期経過後には裸苗とコンテナ苗鋤植えとの間の有意差はなくなったが、その他2タイプのコンテナ苗に対しては裸苗が有意に大きかった。植栽時のコンテナ苗の平均形状比（樹高 / 地際直径）は90程度であるのに対し、裸苗は60程度であった（図-4）。裸苗の平均形状比は1成長期経過後および2成長期経過後も60前後で推移し、3成長期経過後に50程度まで低下した。一方、コンテナ苗の平均形状比は一貫して低下傾向を示し、2成長期経過後以降は裸苗と同程度で推移した。

裸苗は植栽直後の乾燥によってほぼ全てが枯死し、再植が行われたが、その後の枯死は少なく、3成長期経過後まで95%以上の生存率で推移した（表-2）。コンテナ苗ダブル普通植えも植栽直後の乾燥によって40%が枯死したが、その後の枯死は少なかった。コンテナ苗のダブル深植えおよび鋤植えは植栽直後の乾燥による枯死は少なく、その後も比較的高い生存率で推移した。

コンテナ苗の平均樹高について植栽方法の違

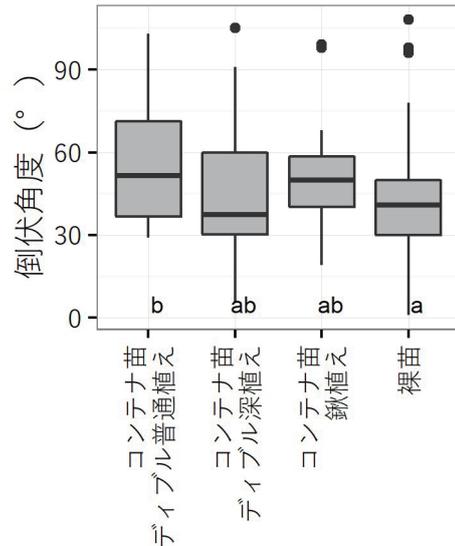


図-5 苗タイプ別の倒伏角度の比較

箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端が箱の長さの1.5倍内にある最大値および最小値、ひげの外の黒丸(●)は外れ値を表す。異なるアルファベットは苗タイプ間で有意差があることを示す ($p < 0.05$)。

いによる有意差は認められなかった。また、平均直径についても、2成長期経過後の鋤植えとダブル普通植えとの間に有意差が認められたが、その他では有意差はなかった。

2017年5月12日に測定した各個体の倒伏角度を苗タイプ別に比較した（図-5）。裸苗とコンテナ苗ダブル普通植えの間に有意差が認められた。コンテナ苗の苗タイプ間で有意差は認められなかったが、平均値を比較するとダブル深植の倒伏角度が最も小さく（平均46.0°）、次いで鋤植え（平均51.3°）、ダブル普通植え（平均54.6°）の順となった。

傾幹幅について一般化線形モデルを用いた解析結果を表-3に示した。変数選択の結果、採用された説明変数は苗タイプ、樹高、斜面傾斜であっ

表-3 傾幹幅に関する一般化線形モデルに関する解析結果

	推定値	標準誤差	t値	p
切片	2.279	0.271	8.414	<0.001
コンテナ苗ダブル深植え	-0.278	0.127	-2.195	0.030
コンテナ苗鋤植え	-0.207	0.129	-1.602	0.111
裸苗	-0.638	0.107	-5.987	<0.001
樹高 (cm)	0.011	0.004	2.696	0.008
斜面傾斜 (°)	0.012	0.006	2.042	0.043

$n=156$, AIC=1021

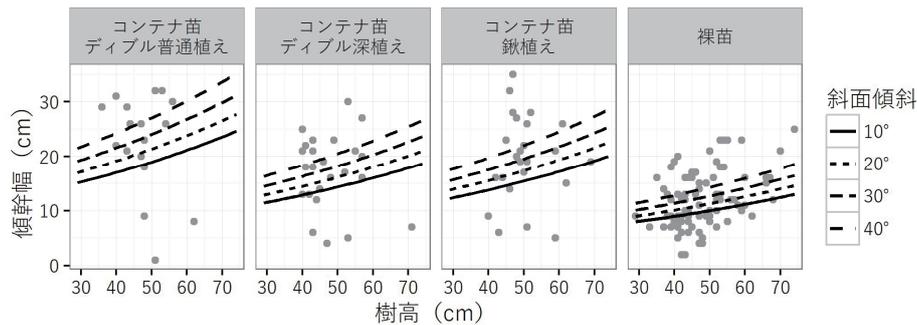


図-6 一般化線形モデルによる解析結果をもとに作成した苗タイプ別の傾幹幅と地際直径および斜面傾斜との関係

た。作成したモデルをもとに各苗タイプにおける傾幹幅と樹高および斜面傾斜との関係を表すと図-6 のようになった。解析結果によると傾幹幅は、樹高と斜面傾斜が同じであれば、裸苗が最も小さく、次いでコンテナ苗ディブル深植えとコンテナ苗鋤植え、そしてコンテナ苗ディブル普通植えが最も大きくなった。また、1 成長期経過後の樹高が大きい個体ほど傾幹幅が増加し、傾斜が急になるほど傾幹幅が増加する傾向があった。なお、2017 年 5 月 12 日に測定した倒伏角度と傾幹幅との間には正の相関が認められた ($p < 0.05$)。

4. 考察

スギのコンテナ苗と裸苗の初期の樹高成長は同程度とする報告が多いなか(平田ら 2014; 壁谷ら 2016; 関子 2016), 本調査地ではコンテナ苗の成長が裸苗を下回った。同様の結果が得られた報告として、八木橋ら(2016)は宮城県白石市においてスギのコンテナ苗と裸苗の初期成長を比較し、1 成長期目および2 成長期目のコンテナ苗の樹高成長率は裸苗より低くなったとしている。八木橋らはその原因として形状比の影響に言及し、形状比の高いコンテナ苗は成長初期において直径成長に資源を優先的に配分するため樹高成長が抑えられるとしている。また、Landhäusser and Lieffers (2012) も形状比の高い個体は植栽直後の樹高成長が抑制されることを指摘している。本調査地においても植栽時のコンテナ苗の形状比は裸苗よりもかなり高かったが、生育にともなってコンテナ苗の形状比は急速に低下している。このことはコンテナ苗において樹高成長に比して直径成長が優先されたことを示すものであり、そのためにコンテナ苗の樹高成長が裸苗を下回る結果になったと考えられる。さらに、本調査地においてコンテナ苗は植栽直後に強い乾燥を

経験している。特にコンテナ苗ディブル普通植えの枯死率は高く、こうした過度の乾燥ストレスがその後のコンテナ苗の樹高成長の抑制につながった可能性も考えられる。

本調査地ではコンテナ苗の植栽方法の違いによる成長差はわずかであった。コンテナ苗の植栽方法が成長に及ぼす影響については地域や樹種により必ずしも一貫した結果が得られていない。Luoranen and Viiri (2016) は、Norway spruce (*Picea abies*) のコンテナ苗の深植えと普通植えの初期成長を比較し、平均樹高および平均直径とも4 成長期経過後までに深植えが普通植えを上回ったとしている。Tarroux *et al.* (2014) は black spruce (*Picea mariana*) と white spruce (*Picea glauca*) について植栽から17 年経過後においても深植えの成長が優位であったと報告している。一方、Paquette *et al.* (2011) は white spruce, black spruce および Jack pine (*Pinus banksiana*) の深植えについて成長への影響は認められなかったとしている。また、城田ら(2016)はカラマツ (*Larix kaempferi*) コンテナ苗を鋤、ディブル、スペードおよびプランティングチューブを用いて植栽し、その後の成長を調査したが、鋤植えとディブル植えによる成長差はほとんど無かったとしている。いずれにせよディブル深植えや鋤植えがディブル普通植えに比べ生育の面でとくに不利になることはないようである。

アイルランドでは主要造林樹種である lodgepole pine (*Pinus contorta*) の倒伏や根元曲がりの防止対策としてコンテナ苗の使用が推奨されている(Burdett 1979; Lines 1980; Pfeifer 1982; Carey and Hendrick 1986)。その理由としてコンテナ苗と裸苗の根系の構造の違いが指摘されている。すなわち裸苗の場合、植栽時の取り扱いによっては植え穴内の根の分布が一方向に偏り、風や雪などの外力に対し不安定になる。これに対

し、コンテナ苗は植栽時の取り扱いの如何に関わらず根の分布の対称性が常に保たれることから安定性が高く、倒伏を受けにくいとしている。また、Sundström and Keane (1999) はスウェーデンにおいて Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) のコンテナ苗と裸苗を植栽し、10年後の根元曲がりの状況を調べたところ、軽度の根元曲がりについて裸苗よりもコンテナ苗の発生頻度が低かったとしている。一方、本調査の結果はこうした北欧の報告とは逆に、消雪直後の倒伏角度は裸苗よりもコンテナ苗で大きく、3成長期経過後の傾幹幅も裸苗よりコンテナ苗で明らかに大きかった。北欧におけるコンテナ苗の倒伏や根元曲がりに関する調査結果と本調査の結果が異なる原因として積雪深の違いが考えられる。本調査地の最大積雪深は2 m以上に達するが北欧諸国の積雪深は一般的にこの半分に満たない(関口 1964)。積雪による沈降圧や移動圧は積雪深に応じて連続的に増加することから(相浦 2005; 石川 1969)、植栽木に加わる力にも大きな差がある。積雪による強い沈降圧や移動圧に対し、コンテナ苗の安定性は裸苗より劣る可能性がある。実際、本調査地において大きく傾いたコンテナ苗を観察すると地上部だけではなく根鉢も斜面下部に向かって変位しているものが多く見受けられた。今後、コンテナ苗の積雪に対する安定性を明らかにするため、コンテナ苗と裸苗の初期の根系の生育状況や支持力などについて比較調査する必要があるだろう。

コンテナ苗は裸苗よりも倒伏や根元曲がりの被害を受けやすい。このことは将来的な材質や材価の低下だけではなく、根踏みや雪起こしに要する経費の増大を招く可能性がある。コンテナ苗導入の主たる目的が植栽や保育経費の縮減にあることを考えると、多大な経費を要する根踏みや雪起こしの実施は最小限にとどめたいところである。このため富山県においてコンテナ苗を使用するには積雪の少ない低標高の緩傾斜地に限定されるべきである。また、本研究の結果からコンテナ苗のディブル深植えや鋤植えによって、倒伏や根元曲がりの被害をある程度、抑制できることが明らかとなった。コンテナ苗のディブル深植えや鋤植えはディブル普通植えに比べると植栽効率は劣るが、それでも鋤による裸苗の植栽よりは十分に効率的である(図子 2018)。また、コンテナ苗のディブル深植えや鋤植えは乾燥による初期の活着不良を抑制する効果もある(図子 2018)。したがって、富山県のような多雪地においてコン

テナ苗を植栽する場合にはディブル深植えや鋤植を励行すべきである。

引用文献

- 相浦英春 (2005) 斜面積雪の安定に必要な立木密度. 日林誌 87 : 73-79
- 相浦英春・中島春樹・石田仁 (2018) 富山県内を対象としたメッシュ平年値の気温と降水量による平均年最深積雪の推定. 日林誌 100 : 174-177
- Burdett AN (1979) Juvenile instability in planted pines. Irish For 36: 36-47
- Burdett AN, Coates H, Erenko R and Martin PAF (1986) Toppling in British Columbia's lodgepole pine plantations: significance, cause and prevention. For Chron 62: 433-439
- Carey ML, Hendrick E (1986) Lodgepole pine in the republic of Ireland I. site types, ground preparation and nutrition. For Ecol Manag 15: 301-317
- 遠藤利明 (2007) コンテナ苗の技術について. 山林 1478 : 60-68
- Grossnickle SC, El-Kassaby YA (2016) Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. New For 47: 1-51
- 原山尚徳・来田和人・今博計・石塚航・飛田博順・宇都木玄 (2016) 異なる時期に植栽したカラマツコンテナ苗の生存率、成長および生理生態特性. 日林誌 98 : 158-166
- 平田令子・大塚温子・伊藤哲・高木正博 (2014) スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後2年間の地上部成長と根系発達. 日林誌 96 : 1-5
- 石川政幸 (1969) 多雪地帯の造林と雪. 北方林業 239 : 1-3
- 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
- 梶本卓也・宇都木玄・田中浩 (2016) 低コスト再造林の実現にコンテナ苗をどう活用するか—研究の現状と今後の課題—. 日林誌 98 : 135-138
- 気象庁 (2012) メッシュ平年値 2010. オンライン, (<http://nflftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>). 2017年9月25日参照

- Landhäusser SM, Lieffers VJ (2012) Defoliation increases risk of carbon starvation in root systems of mature aspen. *Trees* 26: 653-661
- Lines R (1980) Stability of *Pinus contorta* in relation to wind and snow. In *Pinus contorta* as an exotic species, Proceedings of the IUFRO Working Party Meeting on *Pinus contorta* provenances in Norway and Sweden. Department of Forest Genetics, Swedish University of Agricultural Science, Research Notes No. 30: 209-219
- Luoranen J, Viiri H (2016) Deep planting decreases risk of drought damage and increases growth of Norway spruce container seedlings. *New For* 47: 701-714
- 三樹陽一郎 (2014) M スターコンテナ苗の栽培技術の開発. *森林技術* 863: 17-19
- Paquette A, Girard J-P, Walsh D (2011) Deep planting has no short- or long-term effect on the survival and growth of white spruce, black spruce, and Jack pine. *North J Appl For* 28: 146-151
- Pfeifer AR (1982) Factors that contribute to basal sweep in lodgepole pine. *Irish For* 39: 7-16
- R Core Team (2017) The R project for statistical computing. オンライン, (<https://www.r-project.org/>). 2018年12月28日参照
- 林野庁 (2011) 平成20年度 森林・林業白書. オンライン, (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/20hakusho/zenbun.html>). 2018年12月28日参照
- Rune G, Warensjo M (2002) Basal sweep and compression wood in young Scots pine trees. *Scand J For Res* 17: 529-537
- 関口武 (1964) 世界の積雪分布. *地学雑誌* 73: 11-22
- 新保優美・平田令子・溝口拓朗・高木正博・伊藤哲 (2016) スギコンテナ苗は夏季植栽で本当に有利か?—植栽時の水ストレスから1年後の活着・成長・物質分配までの比較—. *日林誌* 98: 151-157
- 森林総合研究所 (2013) 低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 45pp, 森林総合研究所九州支所, 熊本.
- 城田徹央・松山智矢・大矢信次郎・岡野哲郎・大塚大・齋藤仁志・宇都木玄・壁谷大介 (2016) 東信地方におけるカラマツコンテナ苗の活着と初期成長. *信州大学農学部 AFC 報告* 14: 13-21
- Sundström E, Keane M (1999) Root architecture, early development and basal sweep in containerized and bare-rooted Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). *Plant and Soil* 217: 65-78
- 平英彰 (1987) スギ根元曲りの形成機構と制御方法に関する研究. *富山県林誌研報* 12: 1-80
- Tarroux E, DesRochers A, Girard J-P (2014) Growth and root development of black and white spruce planted after deep planting. *For Ecol Manag* 318: 294-303
- 富山県 (1978) 民有林適地適木調査報告書. 48pp, 富山県, 富山.
- 富山県 (1979) 土壌分類基本調査 八尾. 68pp, 富山県, 富山.
- 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
- 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年目の活着成長に及ぼす影響. *日林誌* 95: 214-219
- 関子光太郎 (2016) 富山県におけるスギコンテナ苗の活用と留意点. *富山県農林水産総合技術センター森林研究所 研究レポート* 14: 1-6
- 関子光太郎 (2018) 乾燥期に植栽したスギコンテナ苗と裸苗の活着, 生育および積雪被害発生状況の比較. *森林利用学会誌* 33: 73-80

Summary

Containerized seedlings and bare root seedlings of *Cryptomeria japonica* were compared with regard to toppling and basal sweep by snow. The author also investigated whether the occurrence of toppling and basal sweep can be suppressed by changing the planting depth and

equipment of containerized seedlings (deep planting using a dibble, shallow planting using a dibble and planting using a hoe). After the first snow season, the leaning angles of containerized seedlings shallowly planted using a dibble were larger than those of bare root seedlings. After three growth seasons, the basal sweeps (the deviation of stem center at 50 cm height from the vertical compared to the center at stem base) of bare root seedlings were the smallest, following the containerized seedlings deeply planted using a dibble and the containerized seedlings planted using a hoe, and the those of containerized seedlings shallowly planted using a dibble were the largest. It is desirable to use bare root seedlings to prevent toppling and basal sweep in heavy snow region. However, if the use of containerized seedlings can not be avoided due to the restriction of planting season and others, deep planting and hoe planting should be carried out.

keywords: *Cryptomeria japonica*, basal sweep, toppling, containerized seedling, bare root seedling