

スギコンテナ苗と裸苗の植栽初期の根元曲がりの形成

図子 光太郎（富山県農林水産総合技術センター森林研究所）

I はじめに

コンテナ苗は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。このような作業面での効率性ととも、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。このため、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」との親和性が高く、再造林における経費縮減の切り札として大いに期待されている。

一方、富山県のような日本海側の多雪地において、スギコンテナ苗は裸苗に比べ積雪によって倒伏しやすいことが確認されている（図子 2016；図子 2018）。また、植栽木の倒伏は根元曲がりの形成につながるということが知られている（Burdett et al. 1986；平 1987）。このため多雪地帯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、コンテナ苗と裸苗について植栽初期の根元曲がりの発生状況を比較するとともに、コンテナ苗の植栽器具や植栽深を変えることによって根元曲がりの発生を抑制できるかについて検討を行った。

II 調査地と方法

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。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℃、年降水量は 2511 mm である。また、標高から推定した平均最大積雪深は 2.0 m である（相浦 2005）。

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品種「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。

皆伐跡地の傾斜 13～38° の尾根をまたぐ南向きに面した凸型斜面に植栽試験区（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

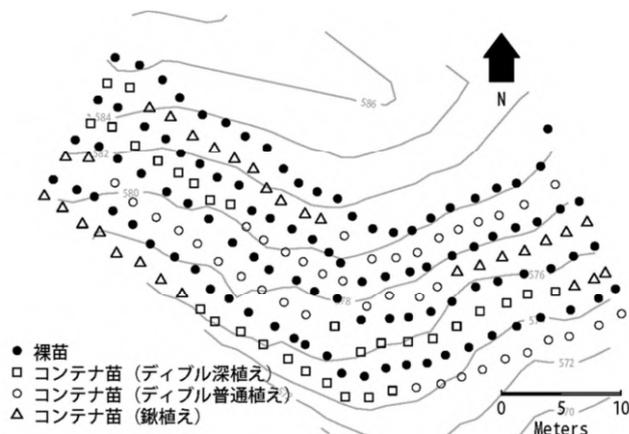


図 1. 植栽木の配置

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した。苗タイプ別の植栽本数は表-1のとおりである。

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

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。さらに2018年10月21日に根元曲がりや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。したがって、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。

倒伏角度について苗タイプによる差についてt検定を行い、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、苗タイプ、地際直径、樹高、植栽位置の斜面傾斜を説明変数とし、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。

III 結果および考察

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-2)。裸苗とコンテナ苗ディブル普通植えの間に有意差が認められた。コンテナ苗については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ディブル深植え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°)、ディブル普通植え(平均54.6°)の順となった。また、倒伏角度と2018年10月21日に測定した傾幹幅との間には正の相関が認められた($p < 0.05$)。

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-2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、地際直径、斜面傾斜であった。作成したモデルをもとに各苗タイプにおける傾幹幅と地際直径およ

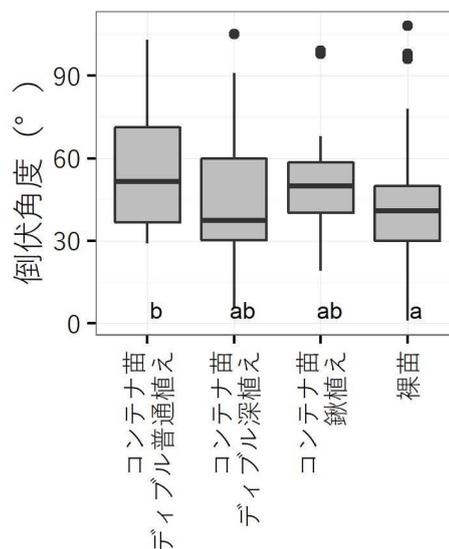


図-2. 苗タイプ別の倒伏角度の比較
箱中の太線が中央値、箱の下端が第一四分位、箱の上端が第三四分位、ひげの両端が箱の長さの1.5倍内にある最大値および最小値、ひげの外の黒丸(●)は外れ値を表す。異なるアルファベットは苗タイプ間で有意差があることを示す($p < 0.05$)。

表-2. 一般化線形モデルによる傾幹幅の解析結果

	推定値	標準誤差	t値	p
切片	2.533	0.203	12.466	< 0.001
コンテナ苗ディブル深植え	-0.263	0.126	-2.083	0.039
コンテナ苗鋤植え	-0.187	0.129	-1.448	0.150
裸苗	-0.667	0.107	-6.211	< 0.001
地際直径(mm)	0.014	0.005	2.588	0.011
斜面傾斜(°)	0.012	0.006	2.007	0.047

n=156, AIC=1027

び斜面傾斜との関係を表すと図-3のようになった。解析結果によると傾幹幅は、地際直径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、地際直径が大きい個体ほど傾幹幅が大きくなる傾向があり、斜面傾斜が大きくなるにしたがって傾幹幅が大きくなる傾向があった。

アイルランドでは主要な造林樹種ある lodgepole pine (*Pinus contorta* Douglas ex Loudon) 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 (Carey and Hendrick 1986 ; Pfeifer 1982 ; Burdett 1979)。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ほうが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、融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2mに達するが北欧諸国の積雪深は一般的にこれよりかなり少ない (関口 1964)。積雪による沈降圧や移動圧は積雪深に応

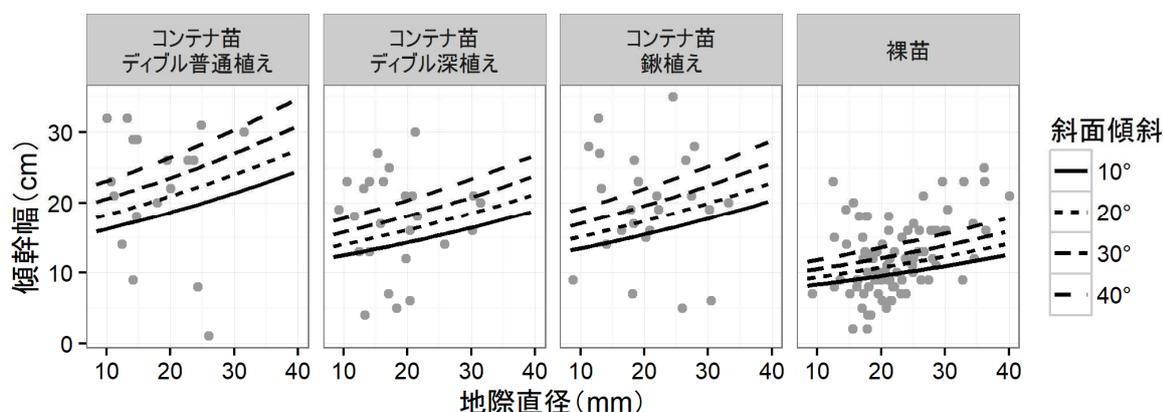


図-3. 一般化線形モデルによる解析結果をもとに作成した苗タイプ別の傾幹幅と地際直径および斜面傾斜との関係

じて連続的に増加することから（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が、深植えや鍬植えを行うことによってこれらの被害をある程度防ぐことができる。コンテナ苗のダブル深植えや鍬植えはダブル普通植えに比べると植栽効率は劣るが、それでも鍬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、コンテナ苗のダブル深植えや鍬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）。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、ダブル深植えや鍬植えを実施すべきであろう。

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
- Burdett AN（1979）：Juvenile instability in planted pines. Irish For 36: 36～47
- Burdett AN、Coates H、Eremko R and Martin PAF（1986）：Toppling in British Columbia's lodgepole pine plantations: significance, cause and prevention. Forest Chron 62: 433～439
- Carey ML and Hendrick E（1986）：Lodgepole pine in the republic of Ireland I. site types, ground preparation and nutrition. For Ecol Manag 15: 301～317
- 石川政幸（1969）：多雪地帯の造林と雪．北方林業 239: 1～3
- 気象庁（2012）：メッシュ平年値 2010. オンライン、(<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>). 2017年9月25日参照
- Pfeifer AR（1982）：Factors that contribute to basal sweep in lodgepole pine. Irish For 39: 7～16
- 関口武（1964）：世界の積雪分布．地学雑誌 73:11～22
- 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
- Sundström E and 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
- 図子光太郎（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
- 図子光太郎（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