

土壌硬度によってコンテナ苗植栽器具の作業効率はどう変わるか

来田和人・今 博計

はじめに

コンテナ苗は、下部が少し細くなった円筒形のプラスチック容器で作られます。土が付いた状態で容器から抜いて植栽するため、裸苗に比べて植栽後の乾燥ストレスに強く、生存率が高い特徴があります（津山ほか 2018）。裸苗に比べて植栽可能時期が長くなるため、①伐採－植栽の一貫作業による低コスト化の実現、②植栽時期の分散による労働者確保、に貢献できると期待されています。

裸苗は根がむき出しの不定形をしており、島田グワ（図－1a）と呼ばれる道具で直径 30cm 程度の穴を掘り植栽します。一方、コンテナ苗では径 4~6cm、長さ 12~15cm の円筒型をした「根鉢」を植栽することになります。コンテナ苗先進地のヨーロッパでは、コンパクトで定形という根鉢の特徴に合わせて、プランティングチューブ、ディプル（円筒型）、スペードといったコンテナ苗専用の器具が使われています（図－1a）。北海道でもこれらの道具がコンテナ苗植栽で試されましたが、島田グワより作業効率が高くなるという結果もある一方で、土壌条件によっては、作業効率が落ちるという結果もあります（北海道森林管理局 2014）。北海道には未熟火山噴出物が堆積する軟らかい土壌から重粘土からなる固い土壌まで幅広い硬度の土壌が分布しています。しかし、これまでの試験では土壌硬度が測定されていないことが多く、植栽器具ごとに土壌硬度と植栽作業効率の関係を定量的に評価できていませんでした。また、作業者の熟練度や年齢によっても作業効率が異なるため、複数の試験結果を単純に比較することはできません。

そこで、同じ作業者が 6 種類の植栽器具を使って（図－1）、土壌硬度の違う 3 か所で植栽作業効率を測定し、植栽器具それぞれの適性を評価したので報告します。



図－1 試験で使用した植栽器具

a) 左からタケノコグワ、島田グワ、スペード、ディプル（円筒型）、プランティングチューブ

b) エンジンオーガ

- ・スペード：コンテナ苗根鉢の側面形状に合わせて縦長 5 角錐の板状の形をしている
- ・ディプル（円筒形）：円筒形に土を掘り取る器具
- ・プランティングチューブ：先がくちばし状に開く

試験の方法

一つの造林地の中でも、場所によって傾斜、下層植生、礫の大きさ・量が異なり、地拵えにもむらがあります。それぞれの試験地内の土壤条件のばらつきを少なくするため調査区域を狭い範囲に限定し、植栽器具を替えて繰り返し植栽試験を行いました。苗木は使い捨てになるため、模型苗木を作製し試験に使用しました(図-2)。コンテナ容器JFA300(全国山林種苗協同組合連合会製)用のリブ付きのインナーポット300R(谷口産業株式会社製)に鹿沼土を容積の約8割を入れ、上面と下面をポリウレタンフォームで蓋をしました。また割りばしを1本挿して苗木の替わりとしました。



図-2 試験で使用した模型苗木

植栽器具にはタケノコグワ(横8cm, 縦33cm), 島田グワ(横21cm, 縦17cm), スペード(横8cm, 縦21cm), ディプル(円筒型)(LIECO社製), プランティングチューブ(BCC社製), エンジンオーガ(コマツゼノア社製, AGZ2600EZ, ドリル径6cm)を使用しました(図-1)。スペードは、剣先スコップを加工して製作しました。タケノコグワ, エンジンオーガは、コンテナ苗の根鉢の形にあった植穴を空けることができると期待され、複数の作業現場で試用されていることから試験対象としました。

試験は、空知総合振興局森林室管内(以下「芦別」), 胆振総合振興局森林室管内(以下「安平」)の比較的平坦な植栽予定地(皆伐後で地拵え済み)と、北海道立総合研究機構林業試験場苗畑(以下「美唄」)の3か所で、それぞれ2016年9月30日, 10月7日, 10月3日に実施しました。作業者が変わることによる影響をなくすため、すべての植栽作業は、著者の一人, 来田が行いました。植栽間隔は2mで、それぞれの植栽器具に距離の目安となる印をつけて距離を計測しました。植栽本数は、1カ所, 1器具あたり10本(美唄のディプル(円柱型)のみ11本)とし、植栽に要した時間を計測しました。土壤条件を均一にするため、すべての器具で同じ植栽列に、他の器具の植穴の近くに植栽しました。

試験地の土壤硬度

芦別の土壤は、暗色系褐色森林土で厚さ2~4.5cmのO層の下に15cm以上のA層が形成されています。安平は火山放出物由来の未熟土で、厚さ5cm前後のA層の下に15cm以上のC層が形成されています。未熟土のためB層が欠落し、O層は地拵えの攪乱で確認できませんでした。美唄の苗畑はやや粘土質に富む土質で、トラクタによる耕耘後に試験を実施しました。

それぞれの試験地において深さ15cm以上の断面を作り、山中式土壤硬度計を用いて上から5cm, 10cm, 15cmの位置で横向きに土壤硬度を測定しました。深くなるほど土壤が硬くなることは共通して

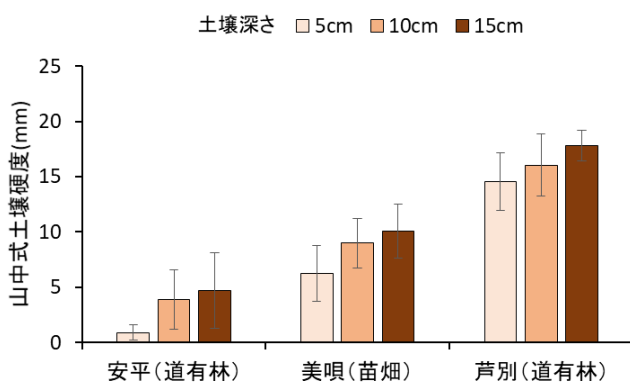


図-3 各試験地の土壤深さ別土壤硬度

いましたが、その値は試験地で異なり、平均値±標準偏差は、土壤の上から順に、安平が0.9±0.7mm, 3.9±2.7mm, 4.7±3.4mmで小さく、芦別が14.6±2.6mm, 16.1±2.8mm, 17.8±1.4mmで大きく、美唄が6.3±2.5mm, 9.0±2.2mm, 10.1±2.4mmで中間の値でした(図-3)。土壤の深さによる違いや同じ深さの掘削地点間のばらつき(標準偏差)を考慮すると安平は土粒の結合がゆるく土塊が容易に崩れる「しょう」、美唄は、「しょう」から土粒は比較的密に結合しているが、指痕が残る「軟」、芦別は、土粒の結合が強い、「やや堅」から「堅」に当たります(表-1, 2)。

表-1 山中式土壌硬度計の値と土壌堅密度区分(真下1973)

山中式硬度計mm	土壌堅密度区分
0~8	しょう
9~13	軟
14~17	やや堅
18~21	堅
22~25	すこぶる堅
26~30	固結

表-2 土壌堅密度の区分(真下1973)

区分	断面を指で押した時の状態
すこぶるしょう	土粒が単独で分離，ほとんど結合力のないもの。
しょう	土粒の結合がゆるく土塊が容易に崩れ，指頭が容易に断面貫入するもの。
軟	土粒は比較的密に結合しているが，押すと指痕が残るもの。
堅	土粒が密に結合し，強く押すと指痕が残るもの。
すこぶる堅	土粒が密に結合し，強く押しても指痕ができないもの。
固結	かろうじてコテが入るもの。

結果～土壌硬度，植栽器具別の植栽効率～

図-4に器具ごとに試験地別の苗木1本当たりの植栽時間を示しました。プランティングチューブは，土壌硬度の低い安平で作業効率が高く，植栽時間は，22秒/本でしたが，土壌硬度が高くなるにつれて作業効率が低下しました。平均土壌硬度16.2mm，堅密度区分が「やや堅」から「堅」の芦別では，プランティングチューブのくちばし状の先を土壌に挿すこと，そして挿してから開くことが難しい場合が増え，植栽に要した時間が47.9秒/本に増加しました。ディプル(円筒型)では，軟らかい土壌でも作業効率が良くなり，堅い土壌では作業効率が最も悪くなりました。この器具は，円筒型の先で，その形に土壌を切り取るように穴を開けます。そして切り取った土塊がついたまま，次の植穴に差し込むことで前の植穴の土塊がところてんのように押し出され，次の植穴の土塊と入れ替わります。土壌が軟らかすぎると，土塊が崩れて器具を抜いても土塊がくっついてこないことがあります。逆に土粒の固結が強固だと，土壌への挿入に時間がかかることに加えて，切り取った土塊が次の植栽穴で押し出されず，ドライバーなどの金属棒，小型スコップなどで切り崩す必要が生じます。この結果からディプル(円筒型)は，山中式土壌硬度計で5~10mmの「しょう」から「軟」の土壌に適していると言えそうです。スペード，タケノコグワ，島田グワでは，土壌硬度が高くなるにつれて作業効率が低下する傾向がありましたが，プランティングチューブほど堅い土壌で作業効率が悪くなることはありませんでした。これら3器具で比べると，島田グワがいずれの土壌硬度でも植栽時間が他の植栽器具と同じか短い傾向にありました(図-4，植栽時間：安平17.6秒/本，美唄26.8秒/本，芦別29.6秒/本)。

土壌硬度が違って作業効率が同程度であった器具はエンジンオーガで，美唄，芦別では最も高い作業効率を示し，土壌が軟らかい安平でも最も植栽時間が短かった島田グワと大差がありませんでした(図-4，植栽時間：安平21秒/本，美唄22.6秒/本，芦別23.7秒/本)。つまり，エンジンオーガは広い土壌硬度条件に適用可能と考えられました。

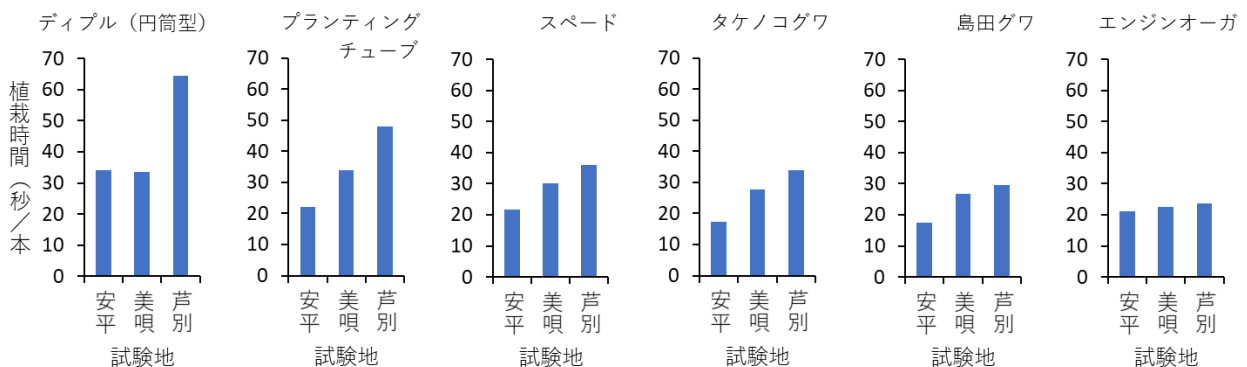


図-4 植栽器具ごとの植栽地別の植栽時間

まとめ

ヨーロッパで用いられているプランティングチューブは土壌硬度による作業効率の差が大きく、軟らかい土壌でのみその性能が発揮されました(図-4, 表-3)。北海道において、この器具に適した場所は、駒ヶ岳周辺、有珠山・樽前山周辺、雌阿寒・雄阿寒・摩周岳の比較的新しい噴出年代の火山放出物未熟土が堆積する地域に限られ(佐々木 1974)、それ以外の地域にはお勧めできません。ディプル(円筒型)はいずれの土壌硬度でも島田グワより作業効率が悪く、北海道に適した植栽器具とは言えません。

表-3 土壌堅密度別の植栽器具の適正判定結果

植栽器具	土壌堅密度区分(上段) 山中式硬度計mm(下段)				備 考
	しょう	軟	やや堅	堅	
	0~8	9~13	14~17	18~21	
ディプル(円筒型)	可	可	不適	不適	腰を屈めずに作業できる
プランティングチューブ	適	可	不適	不適	腰を屈めずに作業できる
スベード	適	可	可	可	堅い土壌では、器具が曲がらないよう強度を高くする
タケノコグワ	適	可	可	可	堅い土壌にも対応できるが、労働強度が高い
島田グワ	適	可	可	可	堅い土壌にも対応できるが、労働強度が高い
エンジンオーガ	適	適	適	適	振動機械なので長時間の使用を避ける

適：高い植栽作業効率が期待できる，可：それほど効率を落とさず植栽作業ができる，不適：大きく植栽作業効率が落ち、使用を推奨できない

コンテナ苗の植栽器具として最も優れていると考えられたのはエンジンオーガでした(図-4, 表-3)。エンジンオーガによる苗木の植栽は一部の業者において島田グワで裸苗を植栽する前に植穴をほぐすために使われている程度で一般的ではありません。しかし、オーガで空けた穴の形状がコンテナ苗の根鉢形状に似ており、必要最小限のサイズの穴をあけられることに加えて、あけた穴に苗木を差し入れるだけで植栽作業が終了することも作業効率が高くなる要因です。島田グワは、力をいれて振り下ろすため心拍数が高くなりますが、エンジンオーガは、エンジンの動力で穴をあけるため心拍数が高ならず、労働強度が低くなる利点もあります(北海立総合研究機構林業試験場・林産試験場 2019)。反面、振動機械であるためチェーンソー同様に長時間の連続使用はお勧めできません。また、土質によっては、土が崩れ植穴が埋まることがあるので、最適な回転数、挿入速度を検証する必要があります。

島田グワは、堅い土壌でエンジンオーガよりもやや作業性が落ちるものの、プランティングチューブやディプルほど、作業効率は落ちません。また軟らかい土壌ではエンジンオーガと差がなく、道内の広い地域で植栽に適した器具と言えます(図-4, 表-3)。また、傾斜地では島田グワの作業効率がエンジンオーガより良くなるという報告もあります(地方独立行政法人北海道立総合研究機構林業試験場・林産試験場 2019)。既に裸苗の植栽で道内に広く普及していることも利点です。タケノコグワやスベードは、島田グワと作業効率が変わらず、植栽作業で普及していない器具をわざわざ導入するメリットを見いだせませんでした。

以上の結果から、エンジンオーガと島田グワが北海道においてコンテナ苗の植栽に適した器具と考えられました。エンジンオーガは、小型運搬機等への装着が可能で、今後、植栽作業の機械化、軽労化に向けた研究の発展が期待されます。

謝辞

試験に使用したスベードは、林産試験場の橋本裕之研究主査に製作頂きました。お礼申し上げます。

引用文献

地方独立行政法人北海道立総合研究機構林業試験場・林産試験場(2019) カラマツ播種コンテナ苗の育苗方法とコンテナ運搬・植栽システム. 38p. <http://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/kkontena.pdf> (2019年8月23日アクセス)

北海道森林管理局 (2014) 植付功程調査結果 (2011-2014 結果平均). <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srs/contena/Uetsukekoutei23-26.pdf> (2019年8月19日アクセス)

真下育久 (1973) 硬度計による森林土壌の堅密度の区分および粗孔隙量の予測. 森林立地 15(1): 22-24

津山幾太郎・原山尚徳・来田和人 (2018) 北海道におけるコンテナ苗の有効性を検証する～植栽後の生存率と成長から～. 北方森林研究 66: 69-72

佐々木清一 (1978) 北海道における火山灰の分布と農地利用. 農業土木学会誌 46 (1)

(保護種苗部)