

トドマツコンテナ苗に対応した植栽機械の開発

技術部 製品開発グループ 近藤 佳秀
林業試験場 来田 和人
林業試験場 森林経営部 経営グループ 渡辺 一郎

■はじめに

カラマツやトドマツなどの道産木材の供給と、森林資源の循環利用を両立させるためには、伐採後の再造林を着実に進める必要があります。しかし、林業従事者は高齢者の割合が高く、造林分野や苗木生産に関わる従事者が減少傾向であることから、この分野の機械化・軽労化による生産性の向上や従事者数の増加が求められています。

これを解決する方法の一つとしてコンテナ苗が期待されています。コンテナ苗(写真1)は、根鉢が保水することで植栽適期が長くなるため労務を分散できることや根鉢の形が一定な事で生産や植栽の機械化に向いていることから、利用が拡大しています¹⁾。

また、世界的に植栽機械の開発が進められており、市販された機械もあります。しかし、少なくとも北海道では普及していません。理由として、以下の3点が挙げられます。



カラマツコンテナ苗



トドマツコンテナ苗

写真1 コンテナ苗

1. 硬い土壌に確実に植栽できる機械が無い

林地は耕されていないため、大型の植栽機械でも十分な植穴が開かないことがあります。これを解消するためにバケットで耕うんする機械が製作されていますが、植付に時間がかかることなどから普及していません。

2. 欧州の機械は小さいコンテナ苗向け

欧州で植えられているコンテナ苗はカラマツコンテナ苗より一回り小さい苗が主流です。欧州の機械を北海道で導入するに当たってはカラマツ向けに改装が必要です。しかも、さらに大きく枝が張ったトドマツコンテナ苗に対応することは困難です。

3. 植栽位置を決める手段が従前通りでは作業効率が上がらない

苗を植える位置が正確でないとその後の下刈りや間伐などの作業の効率さが下がるため、間縄(一定間隔で印を付けた縄)を張り目印とする手法が一般的ですが、この作業は多くの人手が必要な上、大型機械の作業と同時に進行することができません。

そこで、林産試験場は令和元年からトドマツコンテナ苗を対象とした植栽機械の開発に着手しました。

■開発した植栽機械のコンセプト

植栽機を開発するに当たって、大まかな要求性能以下のようにまとめました。

1. 硬い土壌でも植栽できること。
2. トドマツコンテナ苗が植栽できること。
3. 植栽後の列間を走行できること。

列間の走行が可能な車両であれば、間縄による植付位置指示が可能です。また、小型であれば機械を導入する企業の金銭的負担が軽減できると考えました。加えて、植栽機構をユニット化してベースとなる車両から容易に取り外しできるように設計すれば、ベース車両を下刈り機等として活用できます。

以上から、列間の走行が可能なサイズの植栽機械を目標としました。

■硬い土壌への対応

機械で硬い土壌に穴を開ける方法として、土壌用のドリル(アースオーガ、あるいは単にオーガとも呼びます)を用いることとしました。理由は、比較的小さな動力で穴が開けられることと、エンジンオーガによる植栽試験²⁾などを通じて穴開けのノウハウが蓄積されていたためです。しかし、穴開けに必要な力や適正なドリルの回転数、送り速度などの条件は判っていませんでしたので、写真2の様な装置を作って試験を行いました。



電動ドリル（720W）でオーガを駆動する。上部のモーターでオーガを下げて穴を開ける



試験の様子

写真2 穴開け条件の試験機

試験では、土の硬さが異なる道内4カ所の林地でドリルの回転数と送り速度を変化させて穴を開け、ドリルが受けた力、トルク、穴の深さを記録し、目的の穴（直径60mm、深さ170mm以上）が開けられる条件を探求しました。結果、植物が生育可能とされている限界の硬さ（山中式硬度計で23mm程度）までなら720Wのドリルで、10数秒以内で開けることができると判りました。

この速さで穴開けできれば、その後の植付、移動をあわせても60秒以内に植付が完了でき、人力と同等以上の速さの植付が可能と考えられます。

なお、直径1cm程度のササ根であれば、オーガによって引きちぎることができ、穴開けへの影響はありませんでした。

■トドマツコンテナ苗に対応した植栽機構

トドマツコンテナ苗は、カラマツコンテナ苗に比べて、根鉢の体積が約2倍あります。また、枝が太く、根鉢から大きくはみ出していることも特徴です。

一方、従来の植栽機械はプランティングチューブ（写真3）と同じ機構で植栽します。トドマツコンテナ苗は筒に入れる時点で引っ掛かります。筒を太くすると、先端の開閉部も大きくなり、必要以上に大きな穴を開けることになります。根鉢と穴の間のすき間が大きくなり、苗の活着が悪くなる可能性があるほか、先端を開く際に押しのける土が多いことで、機械の負担が大きくなり故障しやすくなります。

これらを解消するために、筒の使用を止め、苗を支えるガイドが上がりながら開く新しい構造の植栽機構を考案しました（写真4）。この構造であれば苗の枝が引っ掛かることがなく、かつ、土を押し



写真3 プランティングチューブ
筒の先が図右下のように開いて苗を植える

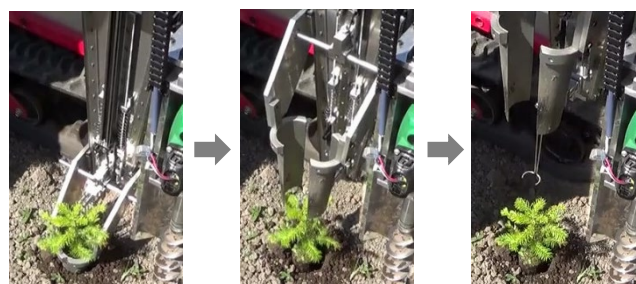


写真4 開発した植栽機構
2つのガイドが開きながら上がる

る事が無いためガイドに無理な力が掛からないことから、肉薄の素材で製作できるため軽量化が期待できます。

また、ガイドを引き上げるのに要する時間は数秒以内ですので、植付速度も十分速いと考えました。

■列間を走行可能なベース車両

低密度植栽時の植栽間隔は、2m程度（2,500本/ha）ですので、この間隔で植えられている苗を踏まないで走行できる機械のうち、できるだけ低速で走行できる機械をベース車両に選定しました。

低速走行が必要な理由は、車両を移動しながら植栽機構を動作できるか実証するためです。

取得したベース車両は、林産試験場内に作製した傾斜30°の土の斜面を余裕を持って昇降できることを確認しました。しかし、ベース車両のエンジンは傾斜18°までしか動作保証されていませんので、急傾斜のある林地で長期間使用することはできません。実用化に当たっては改善が必要です。

■植栽機械の構築

オーガユニットと植栽ユニットは一体で電動スライダ上を移動する構造としました。ベース車両に、

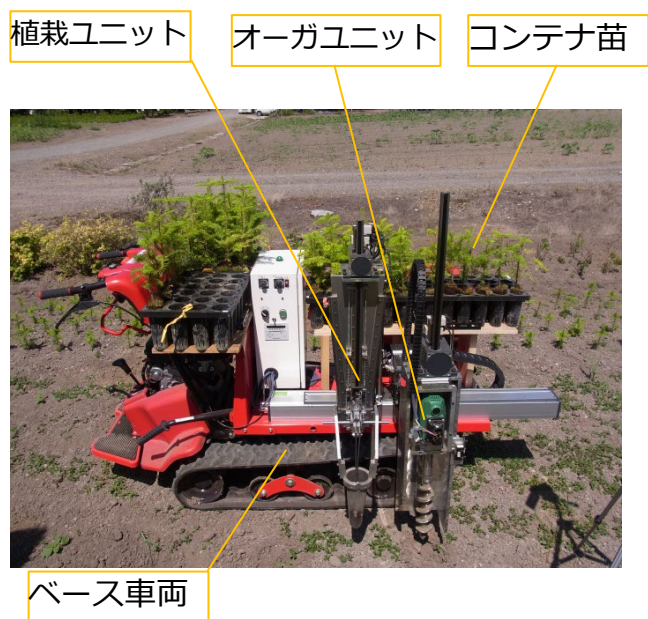


写真5 完成した植栽機械

電動スライド、ドリルユニット、植栽ユニット、制御盤、発電機、コンテナ苗搭載用の棚を搭載して植栽機械としました（写真5）。

植栽動作は、2種類検討しました。

モード1：穴開け時、植付時ともにベース車両を停止して植栽する。

モード2：穴開け時はベース車両を停止させるが、植付時はベース車両を移動して植栽する。

モード1は確実な動作が期待できますが、植栽にかかる時間が長くなります。

モード2は土壌が不安定で車体の滑りなどがあると植付に失敗するリスクがありますが、移動と植付を同時にできるため時間の短縮になります。

完成した植栽機械は、特許を出願しています（特開 2024-053768）。

■植栽機械の動作検証

写真5で示した完成時は植栽ユニットの動作確認が主であったため、モード1で動作試験を行いました。

動作試験は林業試験場の苗畑で行い、クワによる人力植栽と比較しました。

林業試験場の苗畑は耕されて土粒が微細化していたためか、ドリルで穴を開けても崩れることが多かったことから、2から3回ドリルを動作させる必要があり穴開けに時間がかかってしまいましたが、これを除けば、クワ植栽と遜色のない時間で植栽できました。また、3ヶ月後の活着率や生長度合いもクワ植栽と差がありませんでした。



写真6 ブラック社製自動植付機 P12. a



写真7 P12. a と小型運搬機の連携

■当场植栽機械開発後の動向

令和4～6年に林野庁補助事業として、スウェーデンブラック社製自動植付機P12.a（写真6）を使った実証試験が道内林業事業体の主導で行われました³⁾。

この実証試験では、植栽位置の決定方法としてGPSを活用したナビゲーションシステム（GPS植付ナビ）が用いられました。P12.aに取り付けたGPS植付ナビの誘導で植付を行い、さらに、植え付けた位置の記録を用いて下刈りを行うという、造林作業の大半を機械化する意欲的な試験で、いくつかの課題はありましたが、造林作業機械化の方向性を明確に示した試験でした。

当场の植栽機械についても令和5年度に同事業においてGPS植付ナビを取り付けて試験することができ、ナビの指示どおり円滑に植栽位置に移動して植

え付けることができました³⁾。なお、P12.aはトドマツコンテナ苗を植えることができません。また、植付時間は短いものの頻繁に苗と水の補給が必要で、これには小型の運搬機を用いました（写真7）。

当場の植栽機械には、トドマツに対応していることや小型で運搬機としても使用できることなどの優位性があり、P12.aと棲み分けできると考えています。

■おわりに

コンテナ苗植栽機の開発は道総研内で高い評価を受け、今年度の道総研理事長賞を受賞しました。この場を借りて、ご支援、ご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

■謝辞

この研究の一部は、林野庁補助事業、令和5年度「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち経営モデル実証事業 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営事業の中で行いました。

■参考文献

- 1) 北海道コンテナ苗利用拡大推進方針，北海道，令和5年3月改定。
- 2) 来田和人，今博計：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，光珠内季報 No.192，P12-16(2019)。
- 3) 林野庁補助事業，令和5年度「新しい林業」に向けた林業経営育成対策のうち経営モデル実証事業 北欧をモデルにした北海道・十勝型機械化林業経営事業成果報告書，2023。