

(第1部) 先進的林業機械
緊急実証・普及事業

成果発表会

(その4)

一般社団法人 林業機械化協会

先進的林業機械緊急実証・普及事業

「作業道情報化施工の現場実装」

「令和3年度林業機械化推進シンポジウム」
説明資料

令和4年2月10日

久万広域森林組合
株式会社ジツタ

課題名：作業道情報化施工の現場実装

現状



路線計画

作業道施工

出来形測量・作図

作業道情報化施工システム

デジタルデータでシームレスに統合されたソフトウェア



作業道の開設
(バックホウと測量機)

【実証・改良の概要】

- ・ICTを活用して作業道開設に係る工程を情報化するシステムを改良するとともに、非熟練者でも高品質な施工が出来るガイダンスシステムを開発。
- ・工程毎のデータがシームレスにやりとりができ、効率的な業務を可能にする統合ソフトウェアを開発。
- ・本システムを使った作業道施工について計画から出来高計測まで実証する。

・作業道設計の課題

- ・縦断勾配の計画精度が低いので目印テープも荒くなり、計画線どおりに施工できない、
よって勾配も経験や感覚頼り
- ・結果、その目印テープを頼りに重機オペレーターが開設することになり熟練度によって作業道の良し悪しが左右される
- ・目印テープの間隔が荒ければ、その間はオペの判断で開設するか、現場担当とその都度打合せを行うことになるので手間がかかる
- ・GNSSの位置情報の精度が低いため計画線とのズレが生じる

・作業道設計・調査の効率化

3次元データを活用した作業道線形設計・調査（3D-GISで計画）

ラスタ（森林基本図・オルソ航空写真・微地形図）ベクタ（森林計画図・地盤DEMデータ）

- ①施業地の設定 → 間伐等の予定地、既設路網の設定
- ②集材距離 → 機械能力にマッチさせた路網の配置計画（集材位置から80m以内など）
- ③縦断勾配 → 地盤DEMデータにより縦断勾配の計画精度が向上（最大25%以内など）

①間伐予定地と既設路網の設定



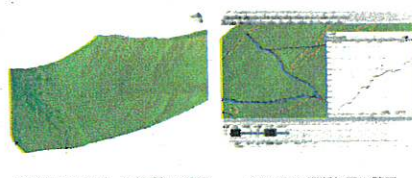
施業範囲のポリゴン 既設路網

②集材距離の設定



集材能力を考慮した配置
(例:作業道間隔を80m以内に)

③縦断勾配の設定

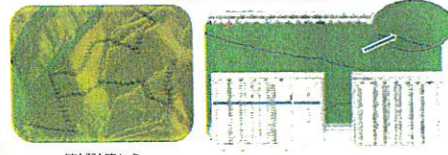


計画線とDEMデータを重ねて確認 3D GISで縦断勾配の確認

④3D GISで計画した線形を現地で確認
※排水予定個所のチェックも同時に行える



現地にて計画した
路線とGNSS位置情報
を確認して、目印
テープを付ける。

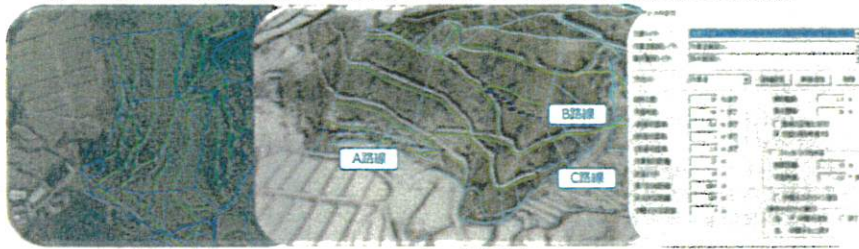


流域計算から
水の流れを可視化

縦断勾配の編集

・久万高原町 既設路網での作業道自動設計検証

※久万高原町内の既設路網と3D-GISソフトウェアで自動設計した作業路網を比較検証



【2Dオルソ航空写真】

【3D+微地形図】

【自動設計パラメータ】



A路線・・・既設路網とほぼ同じ線形が作成された
自動設計で作成された線形の方が勾配が緩やかである
路網終点付近に皆伐箇所があり最短距離で施工したため自動設計とは若干位置が異なる



B路線・・・既設路網より下部に線形が作成された
自動設計で作成された線形の方が勾配が緩やかである
現場では既設路網と集材距離を考慮して施工したとの事



C路線・・・既設路網とほぼ同じ線形が作成された

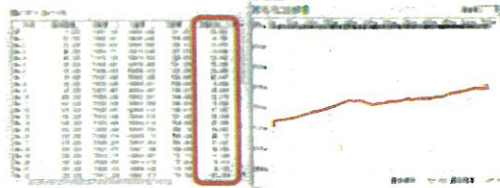
検証結果：勾配、切盛高、幅員等から最短距離で線形を自動作成しているが、航空レーザー計測のDEMデータが詳細なため、勾配制限を厳密にすると通過できない箇所が多くなる。

勾配の制限を緩め集材距離を考慮しながら経由地点を指示する自動設計を行う方が現場にあった蓋網設計が可能となる。

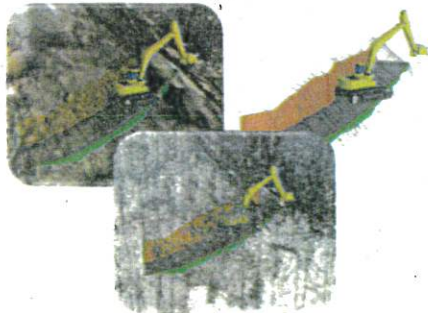
・久万高原町での結果_3D設計データを建設機械に搭載



①航空レーザーDEMデータを基に線形を作成（公共座標）



②測点毎に縦断勾配がオーバーしていないか確認



③任意座標に変換して計画路面を作成



④3D設計データを建設機械に搭載

・建機ガイダンス：林業事業体への普及できるシステムの構築

1. ガイダンスハードウェアの低価格化
 - ・掘削に特化して土木用で市販の二次元ガイダンス装置を持ちいてTSとソフトウェアで三次元化
 - 今回使用した2Dセンサーの特徴
 - ✓ 無線通信（ケーブルレス）
 - ✓ ソーラー電源
 - ✓ 複数台への載せかえ可能
2. ガイダンスソフトウェアの改良
 - ・安全性向上のための機能を追加
 - ・TS据替の手間を縮減させる新たな手法を搭載
 - ・林内で重機位置を求める新たな手法を搭載
3. 3Dスキャナーと点群の活用
 - ・3D設計データを、地上レーザー測量で得た点群データを使用して任意座標で施工
 - ・高度な測量技術が不要で、林業現場で活用可能で安価な機器を使用



安価な2Dセンサー

TSからプリズムを常時視準させて回転動作によって水平値を得る



測量用3Dスキャナー



林業用3Dスキャナー



重機の回転動作で三次元化

・建機ガイダンス：安全性向上・簡易で高精度な作業道施工

表示切替（横断・縦断・平面・3D）

機能ボタン

バケット左端から設計面までの距離（0.58m）超過は赤、内側は青）

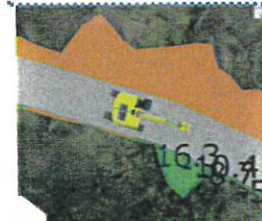
●安全性向上
視界を遮ることを減少させるため縦画面に変更

●安全性向上
重機（後部）と法面（設計面）に干渉する距離。接触する場合は赤字



●安全性向上
車両が回転したい場合「反」と表示

バケットから設計面までの高さ距離（バケットが高い場合は上赤、バケットが低い場合は下青）



●安全性向上
路肩と車体の離れ（機体右側にあると見えにくい）路肩を超える場合は赤字

・ 建機ガイダンス：久万高原町での実証

1. ガイダンスハードウェアの低価格化
市販品で、山地（傾斜地）でもバケット刃先の5cmを確保。
2. ガイダンスソフトウェアの改良
 - ① TS据替の手間を縮減させる新たな手法を実現。据替は**30分**から**10分**に減少。手順は簡単で格別の注意も不要。
 - ② 林内で重機位置を求める新たな手法を実現
3. 3Dスキャナーと点群の活用
 - ・ 森林用3Dスキャナ
 - 点群から3D設計、任意座標で施工



設計中心座標	X: 440.120	Y: 450.120
バケット刃先座標	X: 440.120	Y: 450.120
バケット刃先座標	X: 440.120	Y: 450.120
バケット刃先座標	X: 440.120	Y: 450.120



・ まとめ課題

作業路網設計について

・ 縦断勾配、変化点での折れ角、切盛高、幅員、路線延長を考慮して自動設計を行っている。従来の2D等高線図面から概略線形を作成する手法に比べて、縦断勾配がデータの、視覚的にも容易に確認できるので熟練者と同様の路網設計が可能である。

・ 傾斜データから流域計算を行う事で排水予定個所の把握が可能になるので、現場踏査時にチェックが可能になる。

・ 航空レーザーDEMデータが詳細な50cmメッシュなので、パラメータの制限を緩めないと通過できない箇所がある。所有林業機械の集材距離を考慮したパラメータの追加、経由地点間ごとの勾配等パラメータの設定を可能にすることで現場に合った路網設計が可能となると考えている。

建機ガイダンスについて

・ 重機の姿勢や位置を導けるので安全性が確実に向上する。
・ 非熟練者への支援としては掘削位置のガイダンス（一投目）の明示が大きい。掘削位置のガイダンスするだけなら3D表示は不要で、安価なデバイスを用いた簡単なシステムでも良い。

・ 3Dデータを用い、リアルタイムに重機をオペレーションするには、重機からのデータ（走行や回転データ）が必要。TSとソフトウェアでは限界がある。

・ 3Dデータの活用は、残る出来形計測の結果を踏まえて、設計から掘削、搬出までの一貫した利用が効果を生むと考えている。

先進的林業機械緊急実証・普及事業
「電動苗木運搬車両による
省力造林作業の実証」

茨城県森林組合連合会

株式会社 コウメイ

森林研究・整備機構 森林総合研究所

事業の目的：小型モビリティの導入

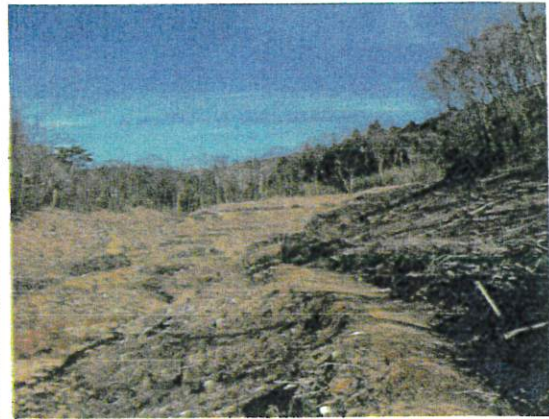
目標

1. 造林現場に機械を入れる
2. 労働負担を低減させる
3. 労働生産性を向上させる



事業の達成目標（数値）

1. 作業全体の労働生産性15%向上
（運搬作業50%、植栽作業10%）
2. 労働負担を15%低減



電動クローラ型1輪車の特徴

● 機動性が高い

傾斜不整地における走破性・安定性が高く、根株や岩等を回避できることから、主伐跡地に導入しやすい。

● 運搬能力（人の3～4倍）

最大積載量80kg、傾斜35度でも60kgの苗木を安全に運搬可能

● 作業への適用性

植栽・下刈り作業であれば小型機械で可能。バッテリー電源を用いた軽量で高出力の林業用アタッチメントの搭載による作業への適用。

● 人力作業との親和性

電動クローラ型1輪車は、等高線方向への移動が安定して行えることから、人力作業との親和性が高い。

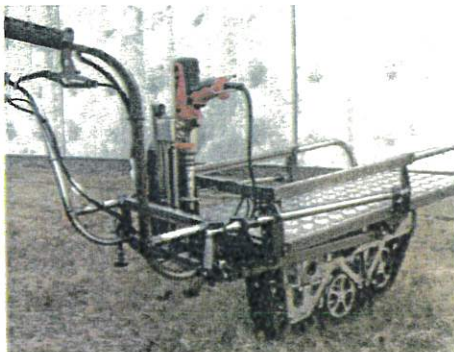
ベース車両（シカ捕獲個体搬出用）



- 改良ポイント**
- 不整地走破性の向上
 - 片手で車両を保持できるように、車両前後方向の安定化
 - 荷台サイズの見直し
 - ハンドル高さ、幅の最適化
 - バッテリ電源（24V）の昇圧：走行（48V） オーガ（72V）
 - 電動オーガ機構の搭載
 - 作業機およびアウトリガを作動させるためのリンク機構

開発した電動運搬車

（電動オーガ搭載）



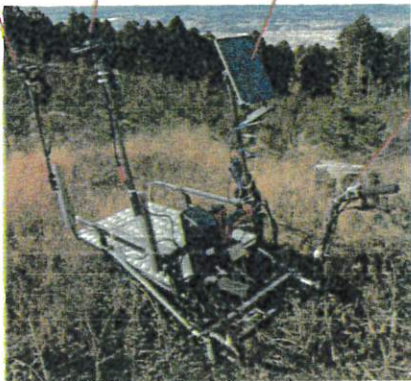
（電動貫入式オーガ搭載）



走行支援ソフトの開発

- 最初に植える方向をオペレータが決定する。
- 植える方向に車両を向けて「植付け位置作成」。格子点の作成。
- 車両周囲の格子点に○が表示され、そこまでの距離が表示される。
- 植えたいポイントに移動し、植栽する。
- 植えられない箇所は植えなくて良い。
- 後から植えたい箇所は、オペレータの判断で後回し。

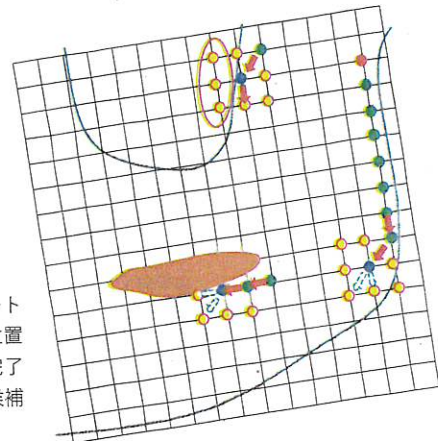
GNSS (MB Rover側) GNSS (MB Base側) タブレット：アプリの実行、通信



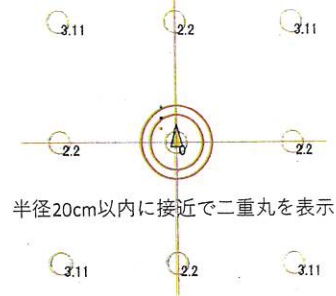
GNSS受信器の傾きに対する補正あり

植付けボタン：
植えた後に押す

- スタート
- 車両位置
- 植栽完了
- 移動候補



(誘導画面)



半径20cm以内に接近で二重丸を表示

実証試験の概要（植栽作業）

- 実証現場： 茨城県笠間市北山国有林
- 事業面積： 約 1.0 ha
- 傾斜： 10～30度
- 植栽方法： (1) ディブルによる人力作業
(2) 電動運搬車による作業
- 植栽本数： 2,100本/ha
- 運搬距離： 300m
- 実証内容： 労働生産性、労働負担
- 調査項目： (1) 心拍変動による労働負担の計測
(2) ビデオ解析による生産性の計測
(3) 機械および装置の改善点の把握

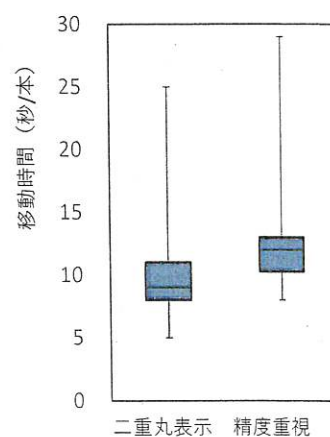
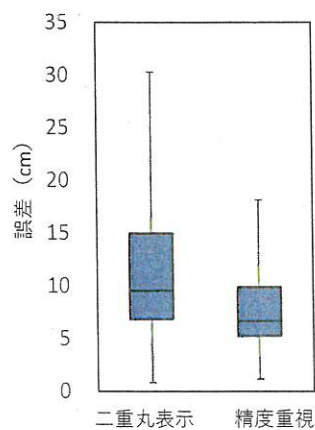
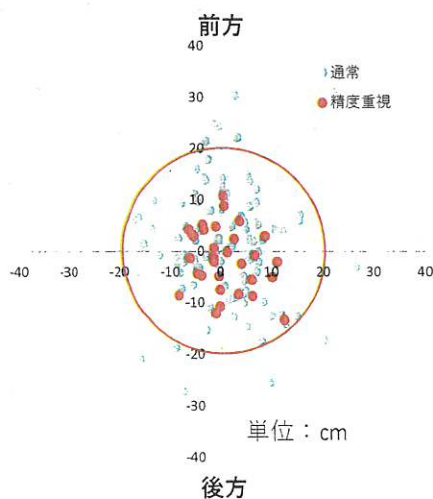


実証地の全景



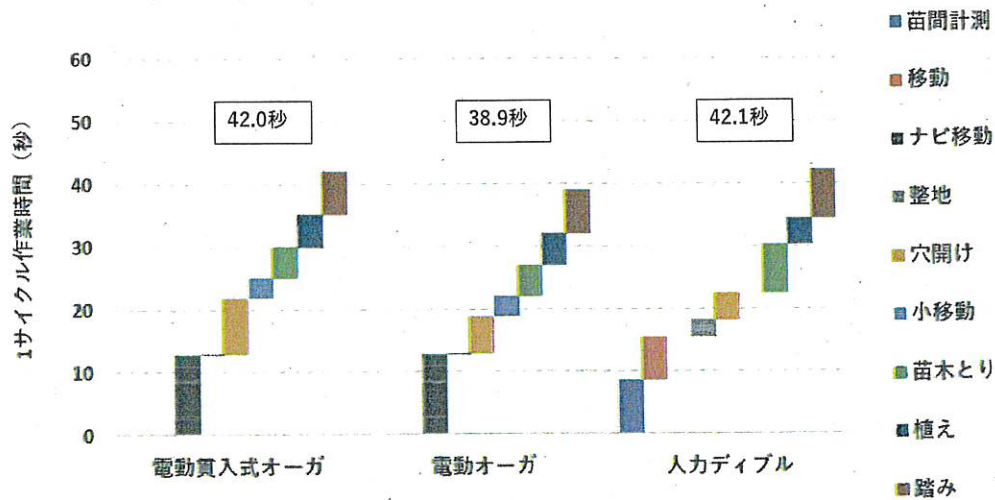
走行支援ソフト

- 二重丸表示で植えた場合（通常）、
誤差は、中央値で**9.5cm**（分散43.2、75%が半径15cm未満）。
移動時間は、中央値で**9 秒/本**（5～25秒、平均10.3秒/本、75%が11秒/本未満）。
- 精度を重視して、距離表示の数値が0.1m以下になるようにした場合、
誤差は、中央値で**6.6cm**（分散12.9、75%が半径10cm未満）。
移動時間は、中央値で **12 秒/本**（8～29秒/本、平均12.7秒/本、75%が13秒/本未満）。



植栽作業の要素作業時間

- 苗間計測含む移動時間は、植栽位置提示アプリにより短縮
- 植穴開け速度は、人力ディブル>電動オーガ>電動貫入式オーガ
- 電動運搬車の利用で、苗とり時間が短縮
- 植栽作業の能率は、電動オーガ>電動貫入式オーガ≒人力ディブル

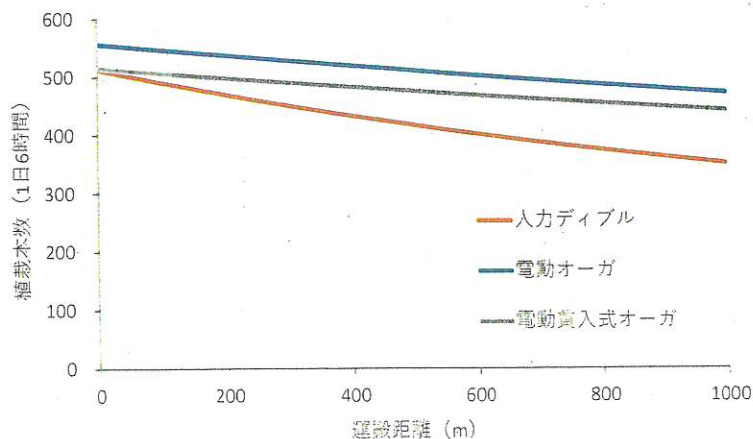


運搬距離と植栽本数の関係

- 運搬距離が長くなるほど、電動苗木運搬車による作業能率が高くなる。
- 可搬質量の違いによる運搬回数が、作業全体の作業能率（植栽本数）に影響する。

シミュレーションの条件

	人力	電動運搬車
苗木質量	140g	140g
可搬質量	20kg	60kg
運搬速度	43m/分	40m/分
植栽時間 (1本)	42.1秒	38.9秒



電動運搬車活用による経済効果（試算）

前提条件

- 運搬距離：400m
- 植栽本数：2,100本／ha
- 比較対象：人力作業（ダブル使用）
- 人件費：20,000円
- 作業時間：6時間

経済効果

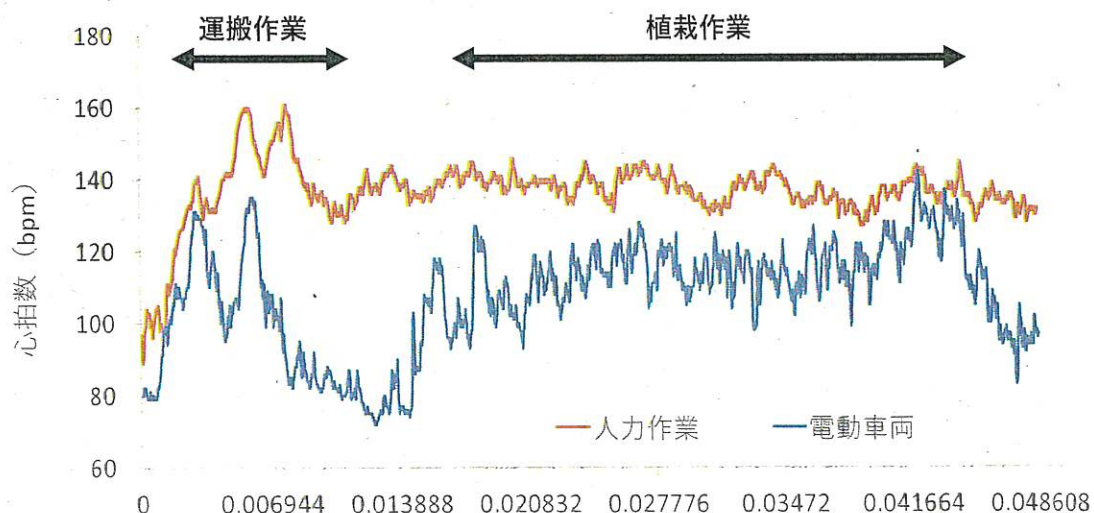
- 1日の植栽本数：人力433本、電動オーガ518本
- 生産性：**20%向上**（達成目標15%）
- 経費削減：3,952円／人日
- 経費削減：40万円／台（年間100日稼働）

苗木運搬および植栽作業における労働強度

- 作業時の作業員の心拍数を計測
- 心拍増加率により運動強度(%)を算出

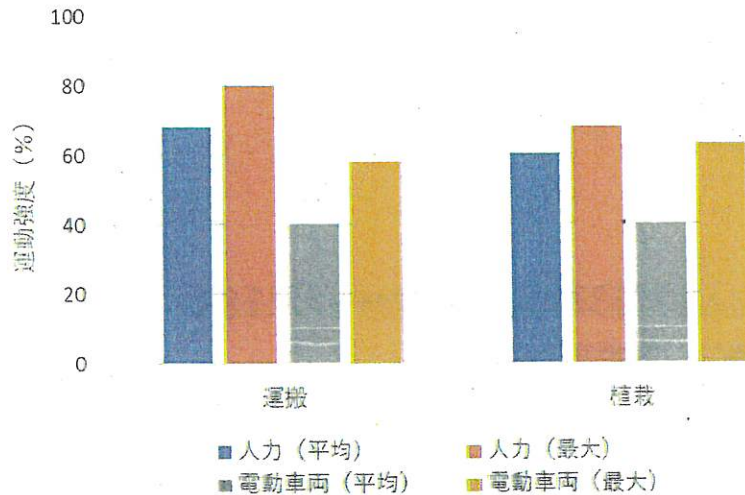


$$\text{運動強度 (\%)} = (\text{運動時心拍数} - \text{安静時心拍数}) \div (\text{最大心拍数} - \text{安静時心拍数}) \times 100$$



苗木運搬および植栽作業における労働強度

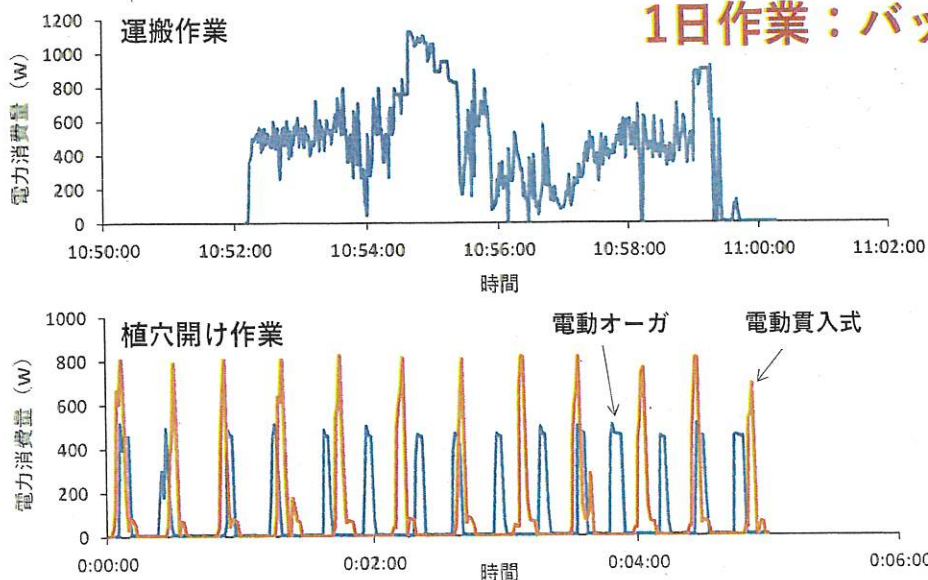
- 人力による運搬作業は、「きつい」～「かなりきつい」
- 人力による植栽作業は、「ややきつい」～「きつい」
- 電動車両による運搬作業は、「楽に感じる」～「ややきつい」
- 電動車両による植栽作業は、「楽に感じる」～「ややきつい」



自覚度	強度 (%)
もうだめ	100.0
非常にきつい	92.9
	85.8
かなりきつい	78.6
	71.5
きつい	64.3
	57.2
ややきつい	50.0
	42.9
楽に感じる	35.7
	28.6
かなり楽に感じる	21.4
	14.3
非常に楽に感じる (安静)	7.1
	0.0

植栽作業における電力消費量

- 運搬：苗木60kgを400m運搬。実走行80Wh、空走行47Wh。運搬回数2回。
- 植栽：1日6時間作業。車両小移動402Wh、電動オーガ掘削274Wh、電動貫入式オーガ掘削365Wh。
- 1日作業に必要な電力消費量930Wh（電動オーガ）、1,021Wh（電動貫入式）。



バッテリー
48V 556Wh

普及活動

- 現地検討会 3 回（茨城県 2 回、和歌山県 1 回）
- 森林・林業・環境機械展示実演会出展



今後の予定

- 茨城森林管理署による現地検討会（3月）



