

日本版ウインチアシストの 事業規模での実証と改良

住友林業株式会社
日本キャタピラー合同会社
有限会社天女山
(2024年2月9日)

ウインチアシストシステムの概要

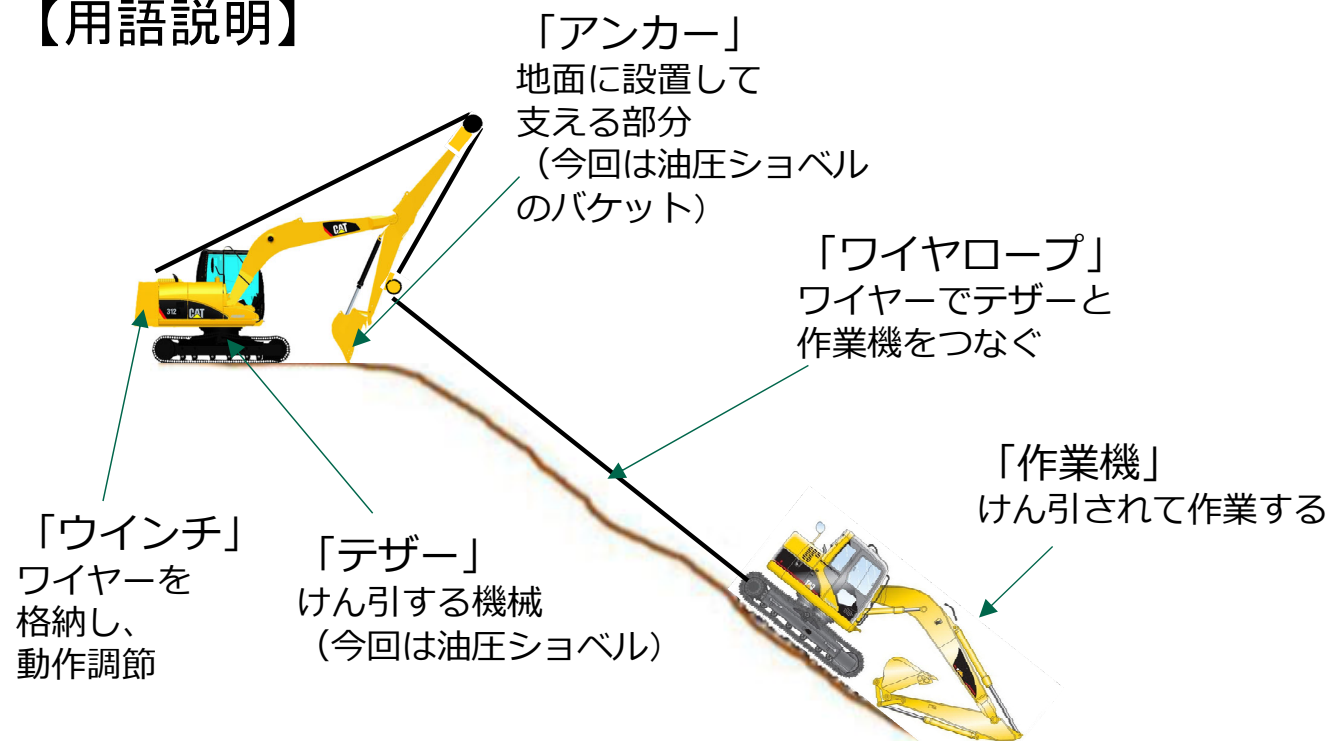
欧州、ニュージーランド、北米の林業現場では、労災防止と機械化を両立するため、斜面上の機械をワイヤーロープでけん引する「**ウインチアシスト技術**」を用いた機械が普及しており、傾斜地での作業機械化を進めている。

本事業では、このウインチアシスト技術について日本に導入し、実際の林業現場での実証を行うこととした。



出典: カンタベリ大学資料

【用語説明】



斜面下への設置 (住友林業調査)

取組内容および結果概要(1) 事業規模での作業システムの実証

項目	内容	結果概要
事業規模での生産性の評価	事業規模での生産性の評価① 山梨県北杜市	生産性評価① フェラーバンチャ、グラップル、クラッシャ地拵の生産性を評価した。
	事業規模での生産性の評価② 山口県周南市	生産性評価② ハーベスタ、フォワーダを用いた単幹集材の生産性を評価した。
事業規模での設置条件の検証	ブラケット及び滑車の設置による作業範囲の検証	ブラケットの設置による作業範囲は片側80度滑車の可能性を検証した。
	土壌硬度および土壌含水率とアンカーの保持能力、作業機のスリップ率	試験を実施した土壌含水率の範囲ではアンカーの保持は安定し、作業機のスリップも少なかった。 一方、けん引をした状態でもわだち跡では含水率が高いままの状態が続いた。
事業規模での環境影響条件の検証	機械の走行前後における土壌硬度、含水率から環境に与える影響を評価する	土壌の含水率による評価 植生回復の評価

取組結果の概要(2) 機械の自動化、遠隔操作技術の向上・機械改良等

項目	内容	結果概要
ウインチアシストシステムの制御機構の高度化	自動制御機構をより多段階で制御できるように改良	2から8トンの4段階から、0.5トン～6トンまでの6段階調節とし、より重量の小さな機械も安定してけん引できるようになった。
安全応答システムの高度化	斜面上の作業機に設置する遠隔モニター装置について、森林内での作動確認	移動式モニターを作業機に設置し、作業者がモニターを見ながら作業を行うことができた。
	テザーが保持力を失って動きだした場合に自動で作動する警報	作業機側に移動式警報装置を設置し、テザーの動作に合わせて警報が鳴動することを確認した。
現場の実情に応じた機械等の改良	グラップルアタッチメントの検討	グラップルの追加について図上検討したが安全に影響があることがわかった。代わりに多機能化として集材機能の検討を行い、追加した。
ガイドライン、作業マニュアルのとりまとめ	本システムについてのガイドラインをとりまとめる。	NZ等の安全ガイドラインを参考に、項目を作成した。現在内容の作成中。

項目	内容
山梨県北杜市での実証	<ul style="list-style-type: none"> ・実証対象地：傾斜20度程度の場所 1haで、伐採、搬出および地拵作業を実施した。 ・ウインチアシストを用いることによる、フェラーバンチャによる伐採、グラップルによる集材、クラッシャアタッチメントによる地拵えを実施した。



- 北杜市の現場では、距離では全範囲を1箇所の設置で網羅できた。
- 角度に応じて、2～3か所、テザー旋回の向き、バケットを移動させることで一様な1haの斜面について対応可能であることがわかった。
- 林道を走行する向きの設置（ワイヤロープの方向とテザーの向きは直行する様に設置）についても検証し、けん引力に影響がないことを確認できた。
- ブラケットにより稼働範囲は明らかに広がったことも確認できた。

項目	内容
山口県周南市での実証	<ul style="list-style-type: none"> • 実証対象地：傾斜20～30度程度の場所 0.25haで、伐採、搬出作業を実施した。 • ウィンチアシストを用いて、バケットサイズ0.25m³の油圧ショベルベースのハーベスタ伐採、フォワーダ集材を評価した。

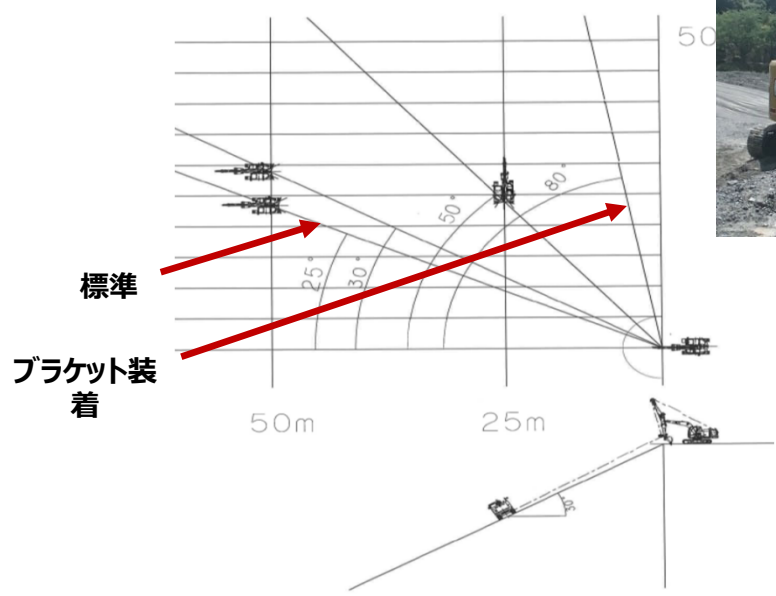


- ハーベスタとフォワーダをテザーでけん引して、伐倒集材することができた。
- 路網上で作業する場合に比べ、ハーベスタの傾斜地での伐倒やフォワーダの積み下ろしに時間がかかった。一方、テザーシステムの場合は路網の開設を少なく抑えることができる。トータルの工程及び費用対効果については分析中。

2. 事業規模での設置条件の検証

項目	結果
設置による作業範囲の検証	1回の設置による作業範囲はブラケットを利用することで片側25度から片側80度に拡大した。滑車の利用により、稼働範囲や作業方向が変えられる可能性を確認した。
土壌硬度および土壌含水率とアンカーの保持能力、作業機のスリップ率	斜面の向きに設置するほか、林道を走行する向きに設置した場合、ブラケットを利用した牽引の利用性（作業範囲や作業可能角度）を評価する。動作について、IMUで牽引側、作業機側の動きを確認

上面から見た可動範囲(テザー中心から右半分)



ブラケットによる稼働範囲の拡大



滑車による稼働範囲の拡大



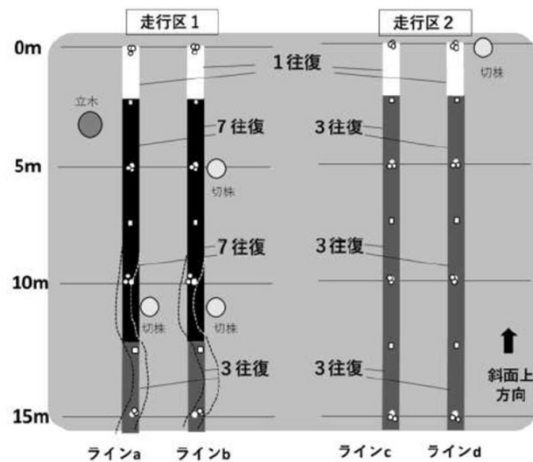
【土壌状態とアンカー、スリップについて】
 アンカー地点での土壌含水率に関わらずアンカーの保持は安定していた。また作業機のスリップも少なかった。一方、けん引をした状態でもわだち跡では含水率が高いままの状態が続いた。

【ウインチアシストの環境影響】

- ①テザーシステムの利用によって傾斜地に作業機が踏み込むようになる。同じ場所を踏んで直線的に斜面を往復する。
- ②テザーなしに比べて、スリップを抑制することで林地攪乱を低減する可能性がある。

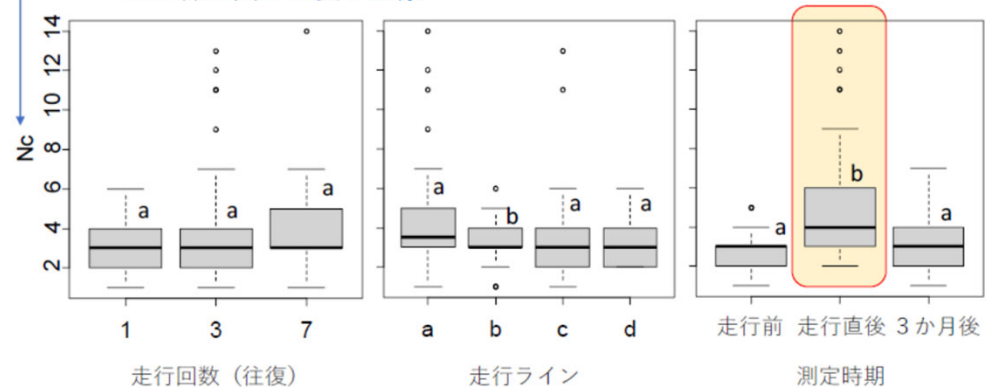


【土壌・植生に与える影響の評価】
 ~検証1~ 往復走行試験による攪乱と回復
 (埼玉県秩父市_スギ林・褐色森林土)



ライン上の白丸点：走行路上端から5mおきの測点（土壌貫入抵抗・土壌含水率および林床植生を走行前・走行直後・3か月後の3回測定）、四角点は2.5mおきの中間測点（走行前の土壌含水率と走行3か月後の林床植生を追加測定）。走行区1の蛇行走行部分は点線で表示した。

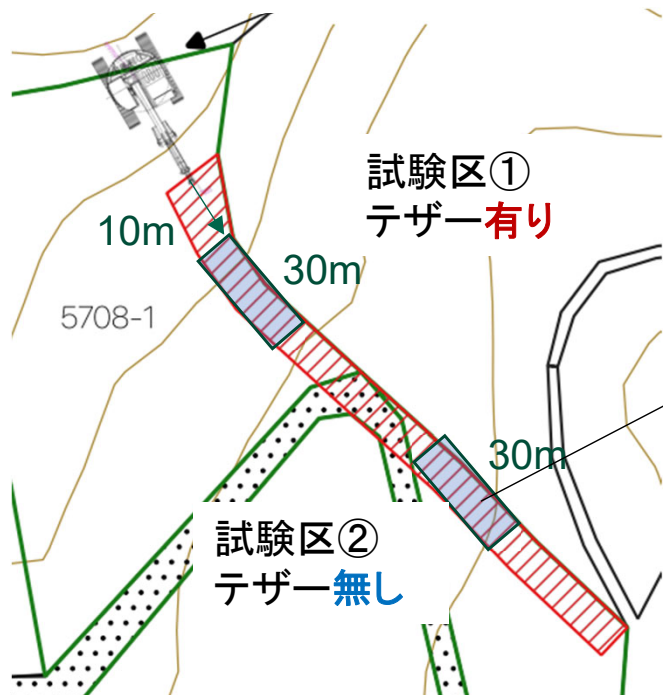
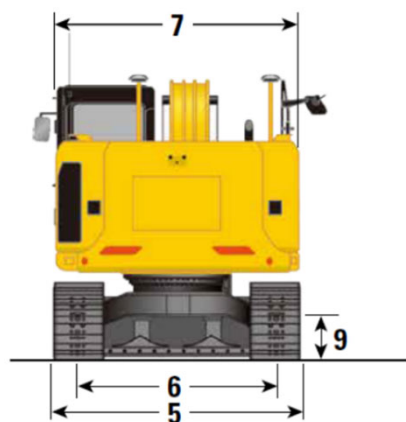
土の締め固めを表す指標



秩父市（CAT社サイト）での試験により、ウインチアシストを使わない場合と比べて、土壌の締め固めの回復や植生回復が早い傾向が見られた。
 （ただしテザーの効果と見るにはまだ結論づけられない。）

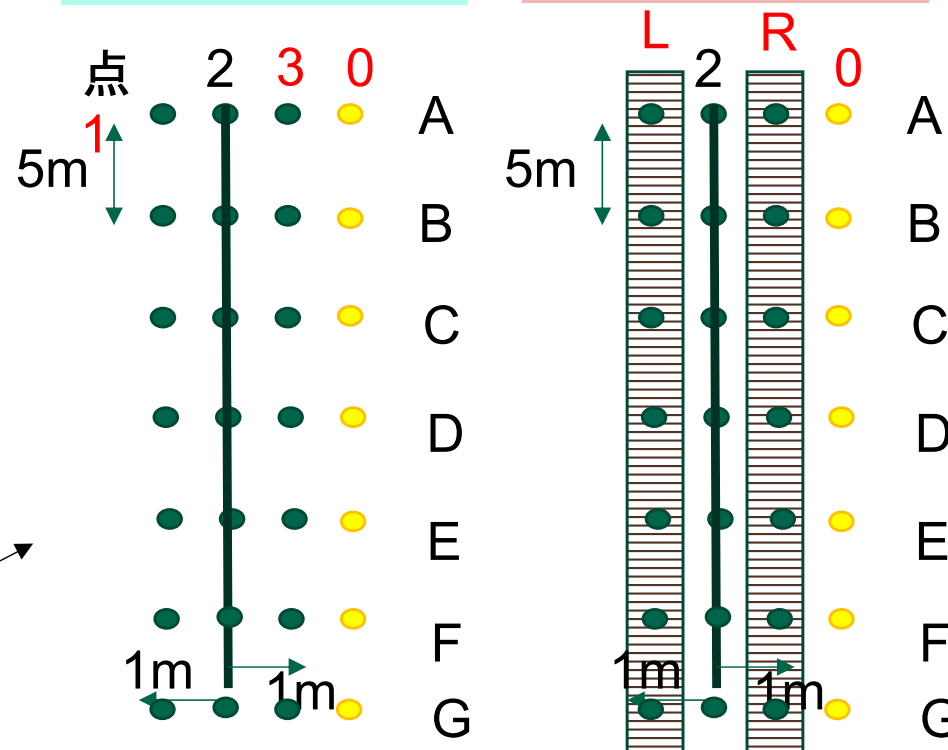
3. 事業規模での環境影響条件の検証②

- 北杜市の現場で、テザーの有り／無しの比較を設計
- 土壌硬度、土壌密度(容積重)、土壌含水率等総合的に評価



走行前

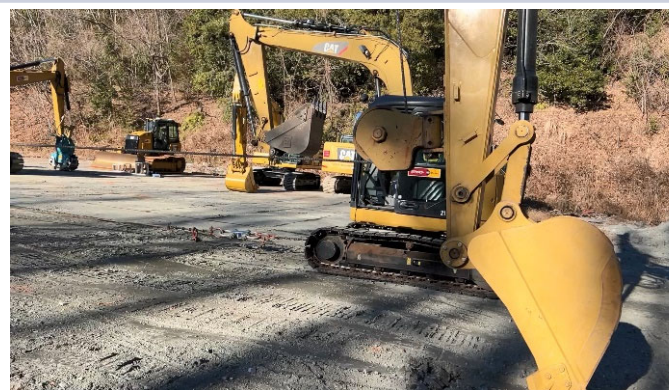
走行後



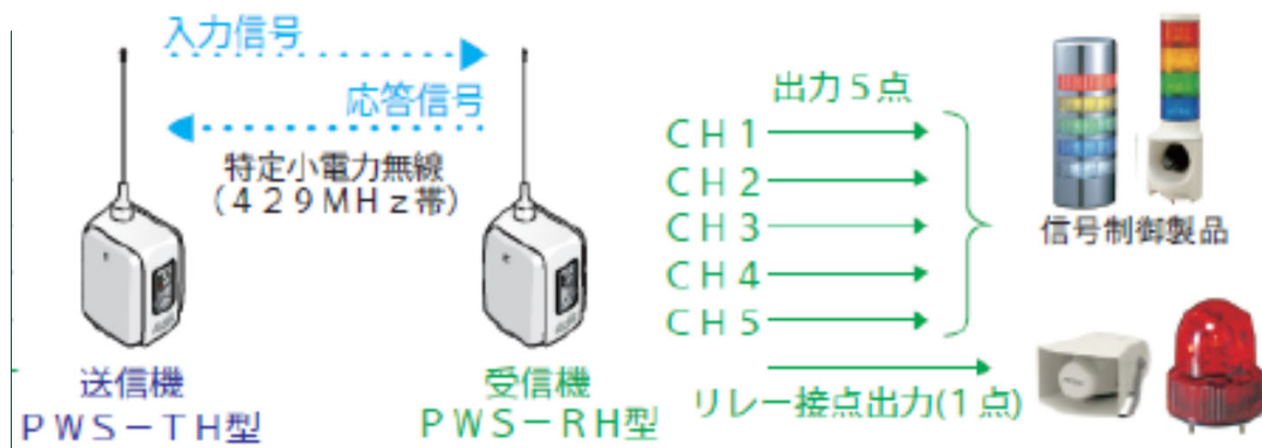
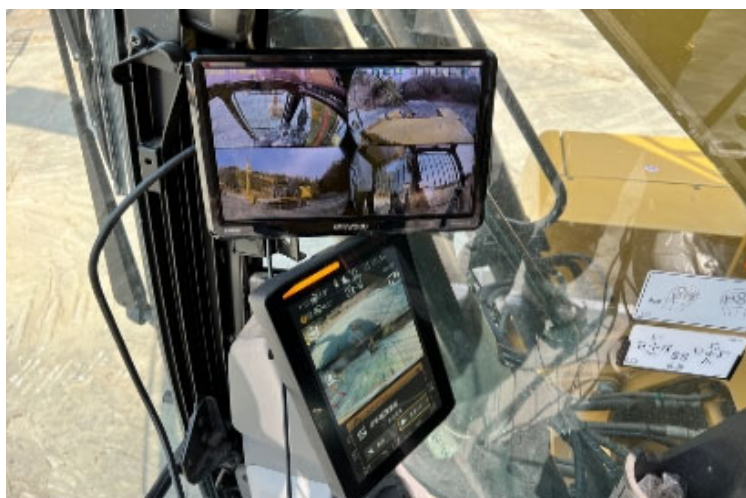
走行前と走行後での土壌測定場所

傾斜地での作業機の土壌攪乱に対してテザーがどのような影響を与えているか詳しく検証する。現在データ分析中。報告書に掲載予定

項目	結果
ウインチアシストシステムの制御機構の改良	<ul style="list-style-type: none"> 作業機の重量や傾斜角度等の条件に応じて安定した張力を発揮できるよう、一定のけん引力を維持するための自動制御機構のけん引力をより多段階で設定できるよう、コンラッド社（オーストリア）の技術者が来日し、1月に改良を行った。 これまでの2トン、4トン、6トン、8トンの4段階から、0.5トン、1トン、2トン、3トン、4トン、6トンの6段階へと変更した。 これにより、これまで重量が軽く、2トンでも下りが難しかった比較的小型の油圧ショベルやフォワーダも安定してけん引ができるようになった。



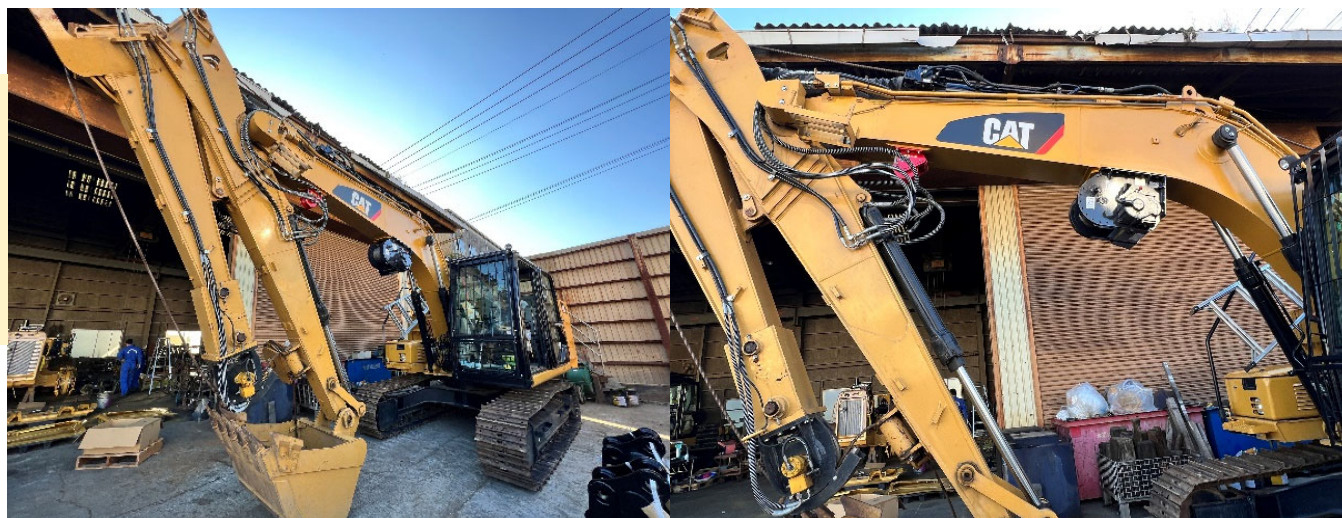
項目	結果
安全応答システムの高度化	<ul style="list-style-type: none"> 斜面上の作業機に遠隔モニターを設置して、テザーのワイヤーやバケット部を常にみられる状態とした。実際に森林内で伐倒する作業機に設置し、テザーの保持状態が作業機から把握できることを確認した。 テザーが保持力を失った場合に、作業機側に設置して作動する警報機（移設可能なタイプ）を入手し、動作を確認した。



項目	結果
グラップルアタッチメントや簡易集材装置の検討	<ul style="list-style-type: none"> 油圧ショベルベースのウインチアシスト機であることを生かし、ベースマシンとしての複合機利用の可能性を検討したが、安全性を保持したまま持てる重量が100～200kgに留まることが分かったため、グラップルアタッチメントの装着を断念した。 現行機械の多機能化を検討し、簡易集材装置を装着した。

【地引ウインチ仕様】

- ・型番:オカダNANSEI PWF-25
- ・引張力(平均): 18.9kN
- ・ワイヤー長: 70m
- ・ワイヤー直径:φ10mm



項目	内容
ガイドラインの作成	令和4年度林野庁事業において調査した海外事例を踏まえ、今回のウインチアシスト機械に対応（限定）した、日本にウインチアシストを導入するためのガイドラインを策定している。

- ガイドライン項目については、NZのガイドラインをベースに項目を確定。
- これまでの実証結果を踏まえ、データに基づく記載および、海外事例を踏まえた今後の推奨項目についてとりまとめている。

項目	内容
林業展出展	2023年11月に茨城県で開催される森林・林業・環境機械展示実演会に出展
各地での見学体験会の開催	<ul style="list-style-type: none"> ・山梨県見学会（参加者32名） ・茨城県見学会（参加者53名） ・山口県見学会（参加者60名）



今後の課題

- 稼働範囲は増えたものの、見学会では、やはり設置場所が限定されるという意見が多く出ている。タワーヤードとも共通する課題だが、団地単位の施業計画作成時に、本機械の利用を前提に、尾根沿いの道路を策定するなどの取組が必要である。
- 切り株の処理が課題である。（～作業機の走行路沿いのみ伐根を砕く/低く切る等～）フェラーバンチャやハーベスタで伐採した木の切り株が、油圧ショベルのクローラーにあたると、クローラの履帯が外れてしまう。伐根をなるべく低くすることや、伐採後にクラッシャヘッドなどでテザーの作業道沿いのみ伐根を砕くこと、間伐をしっかりと行いクローラーが引っ掛からない本数密度となっている場所での利用等が考えられる。
- ワイヤーがいっぱいまで引き出された時の安全装置を今後、具備することが必要。

普及展開に向けた方向性案

- 現行モデルに対応したベースマシンの小旋回型油圧ショベルへの変更
- 油圧ショベルとしての作業もできるウインチアシスト機械
- タワーの高さを低く変更しても、ワイヤーロープの乱巻きを防止できるウインチアシスト