

平成20年度新生産システム推進対策事業

林業生産流通革新的取組支援事業 成果要約集

平成21年3月

日本林業技士会

3. 超高強力ポリエチレン繊維ロープとチョーカーワイヤを

使用したウィンチ集材

実施者： 前田林業株式会社（岡山県）

1. 実証課題の実施場所・対象森林の現況等

事業実施場所等	流域名	吉井川流域
	所在地	岡山県津山市加茂町大字下津川
	森林の所有者	前田林業株式会社 自社有林
	森林の現況等	樹種：アカマツ 林齢：39～42年生 対象面積：2.5ha 皆伐

2. 事業の実施内容

(1) 課題の目的

新生産システムでは、流通体制の構築とともに、素材生産コストの削減が目標の一つとなっている。高密度路網においては、グラップル集材が主流であるが、集材はグラップルのアームと樹高程度の範囲となり、集材可能範囲は限られる。

ウィンチを使用した場合、集材可能範囲を広げることが可能であるが、ワイヤーの引き出しに時間と労力がかかり、労働生産性は極端に低下することが課題である。

今回鋼製ワイヤーロープに替わり、超高強力ポリエチレン繊維ロープを使用することにより、ウィンチ索の引き出し作業を容易にすることが可能である。また、チョーカーを使用することにより複数本の木材を同時に引き寄せることも可能である。それらによって、ウィンチ集材のコストダウンを図ること、ウィンチ集材の作業者の負担を低減することを目的とした。

(2) 実証調査の内容

超高強力ポリエチレン繊維ロープとチョーカーを使用することによる生産性の向上、集材コストの削減効果を把握するため、以下の作業についてサイクルタイムの測定及び作業時間、出材量の計測を行った。

- 通常ウィンチ集材と玉掛けワイヤーによる単木集材
 - チョーカーを使用した複数の木材のウィンチ集材
 - 超高強力ポリエチレン繊維ザイルでのウィンチ集材
 - 超高強力ポリエチレン繊維ロープとチョーカーを使用した複数木材のウィンチ集材
- また、作業路開設から集材作業のトータルコストの計測も行った。

(3) 実証事業の内容

バックホウ（造材時ハーベスタに交換）により作業路を開設し、その後チェーンソーによる伐採、グラップルに取り付けたウィンチによる集材、ハーベスタによる枝払い・玉

切り、フォワーダによる積込・運材を行った。ウィンチ集材には超高強力ポリエチレン繊維ロープとしてダイニーマのロープを使用した。また、ウィンチ集材時に複数の材を同時に集材できるようにチョーカーワイヤを使用した。

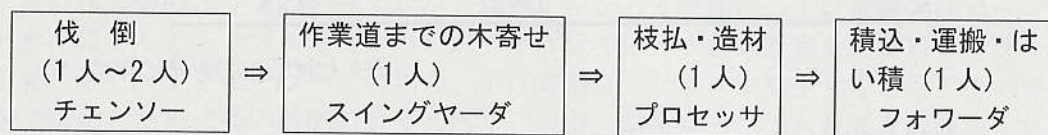
3. コストダウンについての目標等

現在当社の集材コスト（委託作業）は、7,000 円/㎡である。本事業は、作業路開設を含め自社作業員により実施し、集材コストは作業路開設込みで7,000 円/㎡、ウィンチ集材では6,000 円/㎡を目標とする。

4. 実施結果

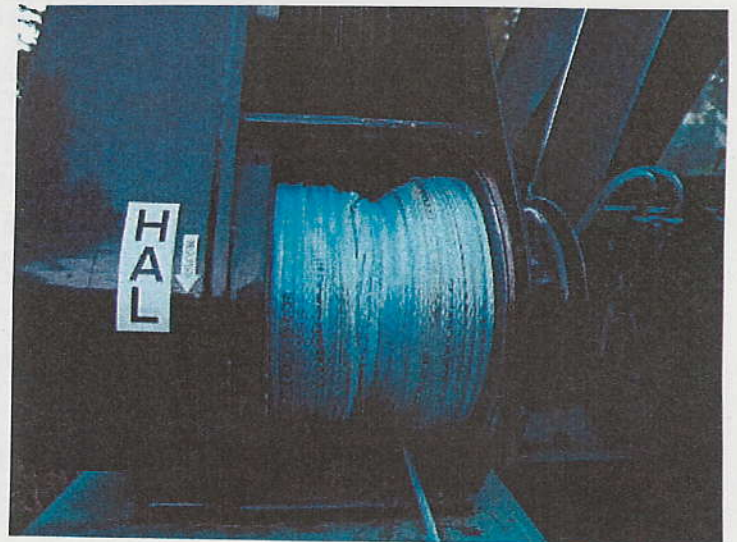
(1) 作業システム

今回の事業は、下図のシステムで行った。



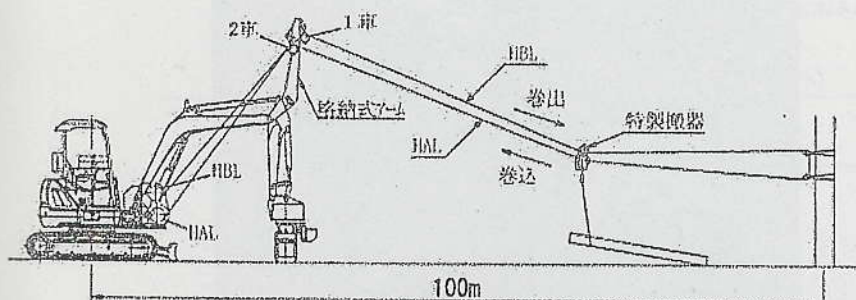
繊維ロープを用いた実証試験では、スイングヤーダに付属するHAL（ホールライン）、HBL（ホールバックライン）のドラムのうち、HALのみに繊維ロープを巻いて集材を行った。繊維ロープを巻いたドラムを下図に示す。

※ホールラインは引寄せ索に用い、
ホールバックラインは引戻し索に用いる。2胴あるスイングヤーダのドラムのうちホールラインは下部のドラム（下図参照）



繊維ザイルを巻いたドラム

HALとHBL



(2) ロープの仕様

1) ダイニーマの特徴

素材の性質は、下表のとおりである。

ダイニーマとスチールの比較

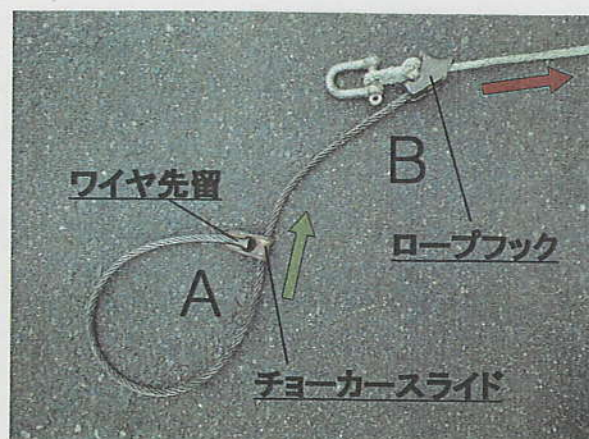
組成分類	ポリエチレン	スチール
商品名	ダイニーマ	
メーカー	東洋紡	
強度 (kN/mm ²)	2.65—3.04	1.47
伸度 (%)	3.0—5.0	2.0
弾性率 (kN/mm ²)	86.3—123	199
比重	0.98	7.83

注) 上村¹⁾(2001)を元に作成

① 比重	0.96 であり、水に浮くほど軽い
② 強度	引張強度がスチールの約 2 倍である
③ 素線の太さ	10 μ m であり、素線単位では磨耗に弱い
④ 耐熱性	軟化点は 148 度であり、他の繊維ロープと比較して低い
⑤ 吸水性	・繊維は吸湿性がないが、間への水の浸透により重くなる場合がある ・湿強度/乾強度=100% であり、水により強度が低下することはない
⑥ 弾性率	弾性率がワイヤロープの 1/2 であるため、屈曲性に優れている
⑦ ロープの伸率	伸び率は 3~5% であり、ナイロンロープ 30% に比較すると低い
⑧ 耐紫外線	紫外線により、分子量が減少し強度の低下が起きる。ただし紫外線の照射を受けるのは、表面であり径を大きくすることで強度低下の影響を軽減することができる

(3) チョーカー仕様

チョーカーの使用方法を下図に示す。ワンタッチで荷掛け荷外しができるため、作業時間が短縮できると考えられる。荷外しについてチョーカーを使用した場合、ワイヤロープの先留め金具を外すだけで荷掛けが完了するのに対し、玉掛けワイヤーの場合、両端がアイスプラス加工で図中の A と B の部分が輪になっているため、両方の輪を抜く必要がある。



5. 調査結果

(1) 繊維ロープとワイヤロープとの生産性比較

1) 引出し速度（上げ荷）

引出し速度はワイヤロープで 0.62m/s、繊維ロープで 0.64m/s となりほぼ等しかった。速度が同じになった理由として、今回使用したドラムがフリーに出来ない仕様であり、ドラムの引出し速度が規制されたことが原因と考えられる。

2) 引出し速度（下げ荷）

上げ荷と同じく、下げ荷においても引出し速度に差はみられなかった。調査前の仮説では、特に下げ荷ではロープを斜面上部に向って引出すこととなるため、繊維の方が早いのではないかと考えられたが、ドラムがフリーに出来ない仕様であったため、これもほぼ同じ速度であった。

3) 乱巻きの発生

集材作業中のトラブルの発生状況と処理にかかった時間は、上げ荷では両ロープともにほとんどトラブルはなかったが、下げ荷ではいずれも乱巻きによるトラブルが発生した。ワイヤロープの場合、下げ荷集材で乱巻きが発生しやすく、その処理や防止のために長い時間が費やされた。一方、繊維ロープでも乱巻きは発生したが、乱巻き防止のために時間が取られることは少なく、また乱巻き発生時の処理時間もワイヤロープに比べ短かった。

4) ザイルの食い込み

繊維ロープを用いた上げ荷集材でのトラブルは、ドラム内でのロープの食い込みであった。これは使用初期のロープは柔らかいため、ロープの引張力によりドラム内での食い込みやすい事に起因する。このトラブルは、使用回数が増えるにつれて減少すると思われる。また、繊維ロープメーカーからのヒアリングでは、繊維ロープを初めにドラムに巻き取るときに、テンションをかけて巻けば食い込みは起こらないとの回答を得た。

5) 集材コストの比較

集材コストの比較（上げ荷）（引出し距離 50m の場合）

	上げ荷		ドラムがフリーになると仮定し、繊維ザイルの引き出し速度を増加		
	ワイヤロープ	繊維ザイル	10%増 (2.7 km/h)	20%増 (2.9 km/h)	30%増 (3.2 km/h)
サイクルタイム(秒)	240	250	243	237	233
コスト(円/m ³)	1213	1264	1230	1202	1178

集材コストの比較（下げ荷）（引出し距離 50m の場合）

	下げ荷		ドラムがフリーになると仮定し、繊維ザイルの引き出し速度を増加		
	ワイヤロープ	繊維ザイル	10%増 (2.1 km/h)	20%増 (2.3 km/h)	30%増 (2.5 km/h)
サイクルタイム(秒)	365	301	292	285	279
コスト(円/m ³)	1847	1522	1479	1443	1412

比較の結果、上げ荷では繊維ロープの使用により集材コストはm³当たり 51 円上がったが、下げ荷ではm³当たり 325 円下がった。下げ荷では、荷掛け時間およびトラブル処理にかかる時間が、繊維ロープの使用により短縮されたため、集材コストが

低くなった。上げ荷で繊維ロープの集材コストが高くなった理由は、繊維ロープにおける荷掛け、荷外しの平均作業時間がワイヤーロープと比べて有意な差ではないものの長いためである。繊維ロープの引出し速度を増加させた場合の試算では、繊維ロープの引出し速度を 20%以上増加させた場合、上げ荷においても、繊維ロープの集材コストのほうが低い結果となった。また、作業システム全体でコストを考えると、下げ荷でワイヤーロープを使用した場合は、トラブルの件数と、処理にかかる時間が多いため、スイングヤード、プロセッサの連携作業では、プロセッサの稼働率が下がり、繊維ロープと比較してよりコスト高になる可能性がある。

(2) 繊維ロープとワイヤーロープの労働負担比較

「ワイヤーロープ」「繊維ロープ」「何も持たない」場合の 3 種類で引出し試験を行い、予想心拍水準での比較を行った（予想心拍水準＝引出し試験終了時の心拍数/最高心拍数 ※最高心拍数＝220－年齢）。

被験者 3 人中、上り、下りともワイヤーロープを保持した被験者の予想心拍水準が一番高く、繊維ロープと何も持たない被験者の予想心拍水準は同じ程度で、前者との比較では 1 割程度の減少となり、繊維ロープを引き出す場合の負荷は何も持たない場合とほとんど変わらず、明らかな労働軽減がみられた。

(3) 繊維ロープの損傷と強度

ロープの使用後、ロープの先端部、滑車との接触部などを中心に広範囲にロープの毛羽立ちが見られた。これはワイヤーロープと搬器が接触することによって、搬器が削れたと思われる。今回は繊維ロープの場合も、ワイヤーロープと同じ搬器を使用したため、削れて鋭利になった部分と接触し、損傷が進んだと考えられる。

ワイヤーロープの場合は、接触により搬器とワイヤー双方にダメージがあるが、繊維ロープの場合は、一方的にダメージを受ける為、搬器の改良が必要である。

また滑車との接触も、損傷が進んだ原因と考えられる。ロープが滑車に対して斜めに入ると、滑車の外側と接触を起こし、滑車に繊維ロープの一部が付着する。

今後、滑車そのものの材質を変えたり、ロープの進入角度に合わせて滑車が回転するものを用いたりすることで、損傷を減少させることができると考えられる。滑車の材質については、プラスチック製のものや、ダイニーマと同じ超高分子ポリエチレンで出来た滑車もあり、滑車の材質を変えることで、大きく損傷を抑えることができると考えられる。



金属器具との接触による磨耗



磨耗によるザイルの損傷

6. まとめと今後の課題

(1) まとめ

1) 繊維ロープについて

① メリット

i 軽い

繊維ロープは50mで3kgとワイヤロープ21kgの7分の1の重量で軽く、ウィンチ集材を繊維ロープで代替した場合、労働負担を大きく軽減できた。

ii ロープの扱い易さの向上

繊維ロープは屈曲性に優れているため、ロープの取り回しの際に扱い易い。下げ荷の荷掛け時間が短縮され、乱巻きなどのトラブル発生の際にも処理にかかる時間が短縮された。

iii トラブル処理にかかる時間の軽減

下げ荷のサイクルタイムのうち、ロープのトラブル処理にかかる割合は大きいですが、トラブル処理にかかった時間をワイヤーと繊維ロープとで比較した結果、繊維ロープのトラブル件数が少なく、また処理にかかる時間が短いことが分かった。

② デメリット

i 摩耗に弱い

搬器や地面との接触で繊維ロープの毛羽立ちが発生する。特に今回の調査では、ワイヤーロープで使用する搬器や滑車をそのまま繊維ロープにも適用したため、鋭利な金属部分と繊維ロープとの接触が発生し、摩耗が進むという結果になった。また、強度試験の結果見た目の損傷が激しい部分は、強度も低下していることが分かり、摩耗の進行が強度低下につながるということが分かった。

2) チョーカーについて

- ① メリット・・・荷掛け、荷外しが容易なことが挙げられる。調査の結果、荷外し時間は従来の玉掛けワイヤーと比較して、短い傾向が見られた。また荷掛けの作業時間に差は見られなかったが、細いロープ径のチョーカーを使用することで取り回しが容易になり、作業時間の短縮が期待できる。
- ② デメリット・・・取り付け器具が重いこと、取り付け器具の形状による使いにくさが挙げられたが、今後ワイヤーロープ径を細くする、ワイヤーロープをチェーンやダイニーマ製のザイルに変更するなど、形状、太さ及び材質の異なるものを使用して、最も作業効率の向上に繋がるチョーカーを見極める調査が必要である。

(2) 今後の検討課題

今後における繊維ロープの検討課題としては、下記の事項が挙げられる。

- ・紫外線の影響による強度低下が考えられ、耐久性に関する検討が必要
- ・繊維ロープは摩耗による損傷が多く発生するので、別の素材でコーティングしたものを使用したり、先端部のみワイヤーロープを使用したりするなどの対応策をとることが考えられる。
- ・なるべく摩耗の発生を減らすために材質や構造の改良や専用器具の開発が必要
- ・今回の調査では、ドラムがフリーにならないウィンチだったため、繊維ロープの軽さが十分に生かされず、引出し速度がワイヤーロープと同程度であった。今後、ドラムがフリーとなる仕様のウィンチを用いて、実証実験を行う必要がある。
- ・繊維ロープの耐用時間が不明であり採算性が計算できない段階にあるが、今後、交換基準と併せて採算性を検討する必要がある。