

マニュアル

架線集材の低コスト化を目指して ～島根県に適した作業方法の提案～

令和2年3月

島根県中山間地域研究センター

目次

はじめに	1
I. 架線集材の概要	2
1. 架線集材とは	2
2. 横取り作業の方法	3
3. 架線集材の用語	4
4. 架線集材に用いる機械	6
5. 架線集材の課題	6
II. 主な集材機の作業方法（例）	8
1. スイングヤード	8
①フォーリングブロック式	10
②ランニングスカイライン式	12
③ハイリード式	14
④ダンナム式	16
2. タワーヤード	18
①3 胴式ランニングスカイライン式	19
3. 集材機	21
①エンドレスタイラー式（従来の集材機）	22
②エンドレスタイラー式（油圧式集材機）	24
III. すぐにできる ～作業改善のワンポイント～	26
1. 自動荷外しフック	26
2. 繊維ロープ	27
3. 簡易架線集材用搬器	28
4. 自動係留搬器	29
IV. 作業システムの考え方	30
1. 路網整備	30
2. 土場	30
3. 功程管理	30
4. 自動化	30
V. 必要とされる人材	30
1. 現場技術者	30
2. 経営者	31
3. 行政（プランナー）	31
おわりに	31
謝辞	31
参考文献	32

はじめに

島根県の県土は 671 千 ha であり、このうち 78%に当たる 525 千 ha を森林が占めています。森林率は高知県、岐阜県、長野県に次ぐ全国 4 位で全国有数の「森林県」です。民有林面積は 492 千 ha のうち、56～60 年生の割合が最も高く、次いで 61～65 年生、51～55 年生と 50 年生前後の森林の割合が高くなっています。森林蓄積も、56～60 年生の割合が最も高くなっています。したがって、島根県の民有林では面積、蓄積とも 56～60 年生の森林が主体であると言えます。

このように、島根県ではスギ、ヒノキを中心とした人工林の多くが利用期を迎え、製材、合板、チップ用（製紙・燃料）などの原木需要に対して供給（原木生産）を増大させていくことが重要です。このため、本県では「伐って、使って、植えて、育てる」という循環型林業を推進しています。

「伐って」にあたる原木生産分野では、木材生産コストの削減と労働生産性の向上を図るため、高性能林業機械の導入と、森林作業道等の路網整備を進めています。しかし、県内の森林は急峻で複雑な地形が多く、浸食を受けやすい地質のため森林作業道等を利用した車両系集材作業を実施するのが困難な森林も多くあります。

ここで、架線集材のメリットである①地形や地質の制約を受けにくい、②全木集材が可能、③土壌攪拌による環境への負担が少ないというポイントに注目しました。しかし、これまでの架線集材は架設撤去に多くの人員を要するとともに、索張りには高度な技術を要するためコストが高くなるという課題があります。

これらのことから、島根県に適した架線系集材システムを導入するための研究に取り組みました。そして、従来から使われている架線系機械をより効率的に使う方法や近年新たに開発された最新機械を活用した集材試験を行い、作業の特徴と改善ポイントを整理し、一言メモには試験や調査で感じた事を記載しています。このマニュアルは主伐における架線集材作業の効率化や安全性の向上を目的に森林組合や林業事業体の職員、林業普及指導員向けに作成しています。今後、現場の状況に適した低コストで効率的な架線集材システムの普及が図られることを期待しています。なお、このマニュアルは今後の研究成果や最新の情報を取り入れて改訂していく予定です。

I. 架線集材の概要

1. 架線集材とは

架線集材はウインチの動力を用いてワイヤロープを巻き取り、林内に分散している材を土場に集める作業です。一口に架線集材と言ってもその作業方法（類型）は様々です。

架線集材システム		備考
スカイラインシステム	スタンディングスカイライン	スカイライン（主索）は、常時張ったまま、両端を固定して集材する 例) エンドレスタイラー式
	ライブスカイライン	スカイラインの緊張, 弛緩により, 集材サイクルの中で搬器を上下させる 例) スラックライン式
	ランニングスカイライン	走行するスカイライン上に, 搬器を走行させて集材する 例) ランニングスカイライン式
非スカイラインシステム	ハイリード	スカイラインも, 搬器も使わず, 作業索の結合部にフックを取り付けて集材する 例) ハイリード

ウインチを使う最も簡単な作業方法は、1 胴のウインチを使って材を引き寄せる単線地曳きです。しかし単線地曳きは、荷掛手がワイヤを材まで引っ張る必要があるため、集材距離が長くなる場合や、集材本数が多い場合の労働負担の増加、伐根への引っかかり等による作業効率の低下も考えられます。

そこで、ワイヤロープをあらかじめ地面から離して高い位置に架設し、ウインチの数を増やして搬器やフックの往復動作に動力（機械）を使うこととなります。このため、架線集材には「架設、張り替え、撤去」という特有の副作業が発生します。これまで架線集材は、これらの副作業をどの様にして簡素化, 効率化するかが第一の課題とされてきました。そして、尾根や谷が多く複雑な地形をした日本の林地では、1 回の架設でより広範囲の集材を行うための横取り作業をどの様にして効率化するかが第二の目標とされてきました。

2. 横取り作業の方法

伐採地において集材対象木まで空フックを導く横取り作業の方法には、動力で荷掛フックを引き込む動力引き込み型と搬器から直下に降下する空フックを人の手で集材対象木まで導く空フック歩行型があります。

日本で発展してきたエンドレスタイラー式は動力引き込み型を採用していますが、架設に多くの時間と労力を要することや、危険箇所（索の内角）が増加する等の課題があります。

これに対し、自走式搬器やダブルエンドレス式は空フック歩行型を採用しますが、伐根等の障害物が多い傾斜地でフックや索の重量を人力で引っ張る作業が必要となるため、横取り距離が長くなると荷掛手の作業負担が増加する等の課題があります。

こうしたことから、現場条件等に応じて最適な横取り方法を選択することが重要です。

	動力引き込み型	空フック歩行型
特徴	荷掛フックをウインチの動力により引き込んで集材対象木付近の集材ポイントへ導く方法	搬器から鉛直下に降下する荷掛フックを、人力で集材対象木まで持って導く方法
代表的な索張り	エンドレスタイラー式 タイラー式 フォーリングブロック式	ダブルエンドレス式 スナビング式 (Wyssen) ランニングスカイライン式
メリット	面的な集材が可能 (皆伐) 荷掛手の負担が少ない	架設撤去が比較的容易 残存木の損傷が少ない (小面積皆伐・択伐)
デメリット	架設撤去に時間を要す 引き込み滑車 (位置) を替える必要がある 索の数が増えるため安全面で注意が必要 専門性が高い	荷掛手の作業負担増 (距離, 地形, 伐倒木) 横取り範囲が狭い 索を張り替える必要がある 係留装置を備えた搬器が必要 (もしくは索を追加)



動力引き込み型 (フォーリングブロック式)



空フック歩行型 (ランニングスカイライン式)

3. 架線集材の用語

架線集材は海外から入った用語や日本語の専門用語が頻繁に使われています。ここでは使用頻度の高い用語を示しました。

用語	略号	用途
元柱 (ヘッドツリー)	HT	集材機側の主となる支柱
先柱 (テールツリー)	TT	集材機から遠い側の主となる支柱
向柱 (ガイドツリー)	GT	集材機を元柱に正対して置けない場合に、作業索を張り巡らすための支柱
中間支柱 (スカイライン サポートツリー)	SST	尾根越し集材や長距離集材で、途中で荷が地物等に接触する場合等に、元柱と先柱の間に設置し、主索中間支持金具を設置するための支柱
人工支柱	AT	元柱や先柱として十分な負荷力を持つ生立木が無く、支柱に高さや強度が要求される場合に使用する人工的な支柱
スタンプ	ST	主索や作業索、ガイライン等の固定に用いられる根株
主索 (スカイライン)	SKL	空中に張上げて、搬器走行のレールとし、運搬材の重量を負荷するワイヤロープ
作業索 (オペレーティングライン)	OPL	荷上索やエンドレス索等の動索の総称
荷上索 (リフティングライン)	LFL	タイラー方式等の索張りに使われ、ロージングブロックを抱え、材の昇降や側方からの曳き寄せを行う作業索
巻上索 (ホイストライン)	HOL	高性能搬器等に搭載されている巻上ドラム用の作業索
引寄索 (ホールライン)	HAL	材を吊り上げて、搬器とともに元柱方向へ引き寄せするための作業索
引戻索 (ホールバックライン)	HBL	空搬器とロージングブロック等を集材点から林内へ曳き戻すための作業索

用語	略号	用途
エンドレス索 (エンドレスライン)	ELL	エンドレスドラムで駆動され、搬器の走行等の動作を行う環状無端の作業索
スラックプリングライン	SPL	特殊搬器に内蔵された巻き上げドラムを作動させるための作業索
調整索 (コントロールライン)	CLL	エンドレス索の一部をたぐり込んだり、緩めたりしてエンドレス索の張力を調整するための作業索
固定索 (アンカーライン)	ANL	索の張力を負担するためのアンカーに結ばれたワイヤロープ。1本～数本を使う場合がある
控え索 (ガイライン)	GYL	支柱等をしっかり支えるために必要な方向に設けられた張り索
搬器 (キャレッジ)	CR	材を吊って主索上を走行するものの総称
並滑車 (ガイドブロック)	GB	台付ロープでスタンプ等に取り付け、作業索を支えたり、方向を変えたりする滑車
三角滑車 (サドルブロック)	SB	一般的に三角形の鋼板に2個の滑車を設けたものであり、これを通して主索を元柱、先柱に吊るす滑車
荷掛滑車 (ロージングブロック)	LB	搬器の下に荷上索等により抱えられて吊られた滑車。それらの索の緊張に応じて昇降し、材を吊上げたり降ろしたりする
荷吊り索 (スリング)	SL	材を縛ってロージングフックに掛けるための短いワイヤロープ
自動荷外しフック (オートチョーカー)	ACH	無線により、荷外しを自動で行うことができるフック
荷掛鉤 (ロージングフック)	LH	ロージングブロックに取り付けた大型のフック。スリングで縛った材を吊るすためのフック
ワイヤクリップ	CL	Uボルトと2個のナット及び丈夫な鞍金からなり、ワイヤロープを支柱に結び付け、ワイヤロープの端末を固定する場合に使用

高度架線技能者育成技術マニュアル 2014 18-19 より引用

4. 架線集材に用いる機械

島根県には多くの架線系集材機械が導入されています。近年は高性能林業機械であるスイングヤーダの導入が増えています。また、従来型（機械式）の集材機については民間の素材生産事業体を中心に大型（10馬力以上）の機種を使用した、エンドレスタイラー式による集材が行われています。以下に代表的な集材機械を示し、それぞれの特徴など詳細は後述します。

1) スイングヤーダ

油圧ショベルに油圧駆動の集材用の複式ウインチを搭載し、ベースマシンのブーム・アームを架線の元柱に利用する簡易索張り方式に対応した機械です。主索を張らない簡易索張り方式で集材を行うため、架設・撤去・移動が簡単です。一方、ベースマシンの重量で架線荷重を支えるため、集材時における機械の安定度を確保する必要があります。

機種やメーカーによって多少違いがありますが、ウインチはリモコンによる遠隔操作が可能で、ベースマシンの標準バケット容量が0.5 m³（以下、「0.5サイズ」）の機種では3t近い牽引力があります。

2) タワーヤーダ

元柱となるタワー（支柱）とウインチがベースマシンに搭載されている架線集材機械です。ベースマシンには、トラックや林内作業車、トレーラなどが用いられます。近年では、特殊な搬器と組み合わせて使用される海外製のタワーヤーダも多く導入されています。また、油圧ショベルのアタッチメントとして装着可能なタワーヤーダも開発されています。

3) 集材機

フレームにエンジンやワイヤロープを巻き取る数個のドラム等を備えた機械です。急傾斜地の多い我が国では集材機を使った架線集材が発展してきた歴史があります。機械は比較的単純な構造であり、堅牢に製作されているため20年以上使用されることも珍しくありません。

また、インターロックを備えた油圧式の集材機も開発されています。この機械は従来の集材機（機械式集材機）に比べて機械操作が簡単で、遠隔操作や搬器の自動走行機能を備えており、作業効率の向上が期待できます。

5. 架線集材の課題

架線集材は架設などの副作業が必要であり、高度な技術を必要とします。また、複数人で作業を行うため、連携作業が重要となります。このため、作業員が1名でも不在になると作業全体が停止してしまうといった柔軟性に欠けるという点があります。

また、尾根や谷が多い複雑な地形でも荷掛手の作業負担を軽減して効率的に集材作業を行うことができるように、横取り方法が発展してきました。ただし、作業索が多いため架設撤去の労務やコスト、安全性を改善する必要があります。

近年全国的に導入が増加している欧州のタワーヤーダは、架設撤去を簡略化し最低2名での集材作業が可能となる機種もあります。しかし、海外製の機械は導入コストが高いため、事業地

を確保して稼働率を高めることと、メンテナンス体制を構築する必要があります。

Ⅱ. 主な集材機の作業方法（例）

1. スイングヤーダ



作業方法

索張方式	集材方向		最大集材距離 (m)	牽引力	架設 手間	掲載頁
	上げ荷	下げ荷				
フォーリングブロック式	○	△	200	◎	△	p10
ランニングスカイライン式	○	◎	200	△	○	p12
ハイリード式	○	○	180	△	○	p14
ダンハム式	○	○	60	◎	△	p16
スラックライン式	◎	×	200	◎	◎	
単線地曳き	○	△	30	○	-	

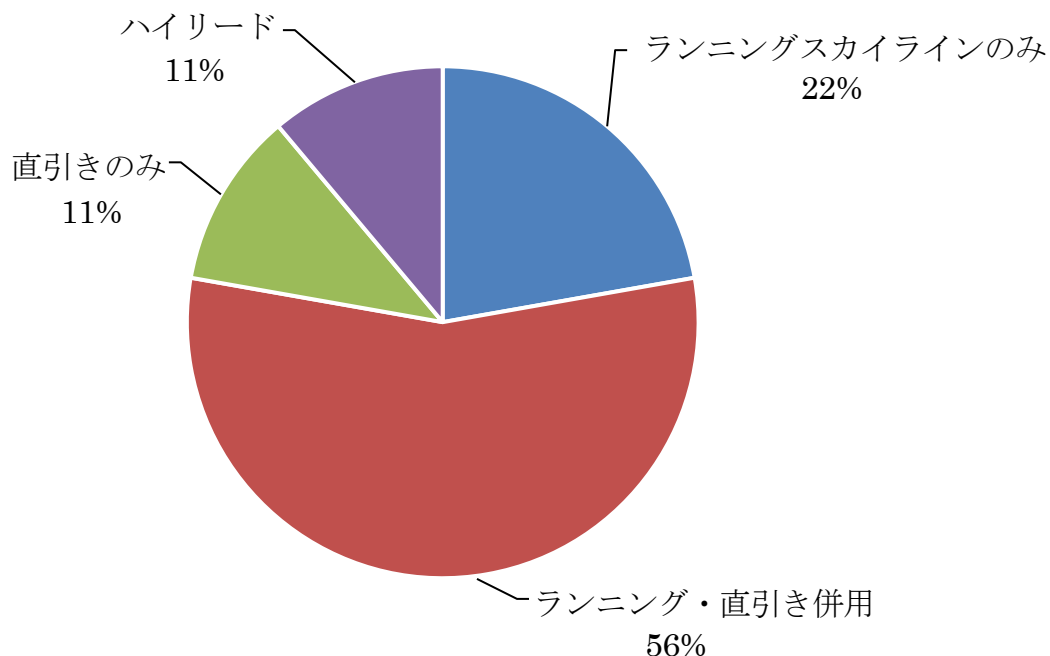
【スイングヤーダの利用状況に関する調査結果から】

平成 28 年 6～8 月にスイングヤーダの利用状況と現状の課題をアンケート調査しました（16 事業者から 27 台分の解答）。これまでは、間伐用機械として普及してきたスイングヤーダですが、現在は 6 割以上の機械が主伐に用いられています。また、集材作業以外にもグラップルによる材の積み込みや、アタッチメントをバケットに替えて作業道の作設に活用するなど、様々な作業にも使われている汎用性の高い機械です。

架線集材において重要となる索張り方法では、主伐、間伐を問わずほとんどが単線地曳やランニングスカイライン式で実施されています。このうちランニングスカイライン式はスイングヤーダの索張り方法として一般的にカタログに掲載される作業方法ですが、集材方向とは反対方向の力（バックテンション）が発生するため、実際の牽引力はウインチ能力よりも劣ります。さらに、ランニングスカイライン式で横取りを行う場合には、人力による引き込みが必要です。

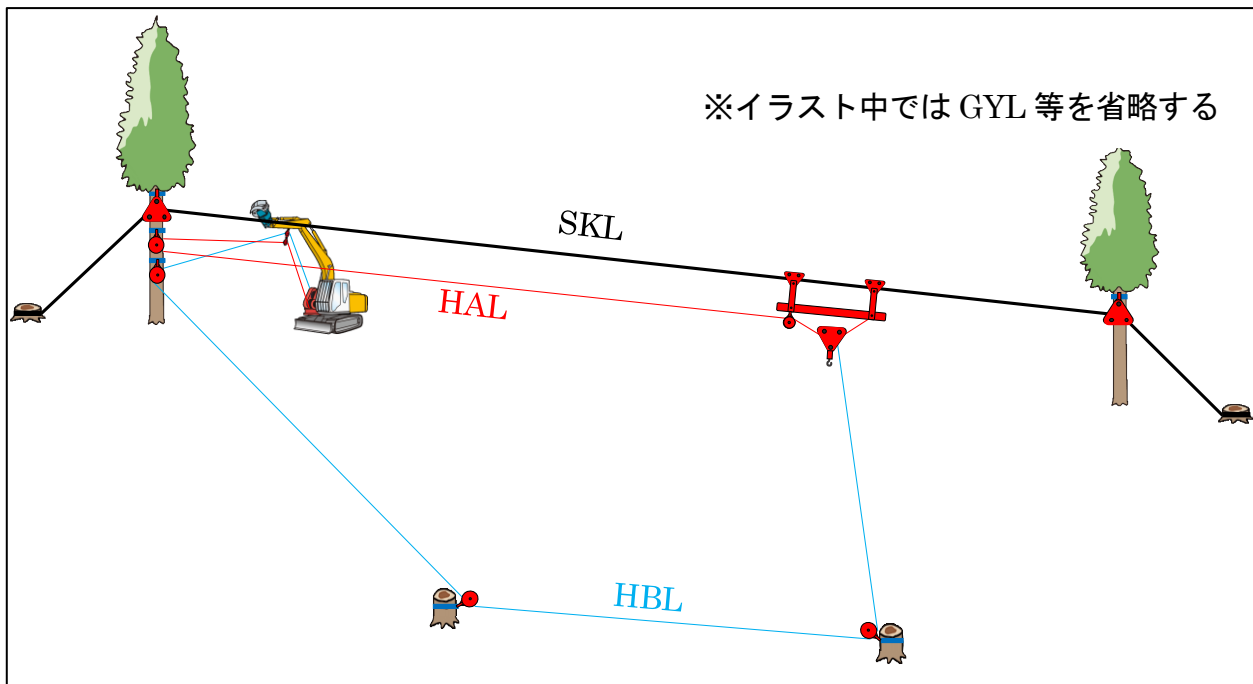
安全面では機械の転倒を防ぐため設置方法（履帯を集材方向に向け、排土板を接地する等）を遵守する事が重要です。そして、主伐はこれまでの間伐に比べて集材する木材が大径で重たくなるため、控え索を追加して安定性を増やすことが重要です。これらは、機械の不満に感じる点として回答が多くあった、「集材時のパワー不足や横取りが難しい」、「機械安定性が低い」という課題と関連していることがわかりました。

広く普及しているスイングヤーダを主伐で活用するためには作業方法を改善する必要があります。そこで、従来型の集材機で使われてきたフォーリングブロック式という索張り方法をスイングヤーダと組み合わせる事により効率性と安全性を高める方法を提案します。



県内で実施されている索張り方法（アンケート結果から）

①フォーリングブロック式



しくみ

- ・SKL を架設して荷重を支える空中集材
- ・HAL は搬器の滑車とロージングブロックを通して、索の末端を搬器に固定
- ・HBL を引き回して、末端をロージングブロックに固定
- ・HBL による動力引き込み型の横取り集材

利点

- ・SKL が荷重を支えるため大径材の運搬が可能
- ・SKL が荷重を支えるため機械が転倒しにくい
- ・HAL の一端を搬器に固定するため、動滑車（2 倍力）で材の引き上げが可能
- ・動力引き込みによる横取りが可能
- ・インターロックによって簡易運転操作が可能
- ・面的な集材が可能になるので小面積皆伐に向く
- ・SKL を付加するため、空中集材が可能

留意点

- ・架線作業主任者の選任が必要
- ・ランニングスカイライン式等の簡易架線集材に比べて架設撤去時間が増加
- ・主索や搬器等の資機材の導入コストが発生

一言メモ

本来は集材機で用いられる索張方法です。しかし、インターロックを備えていない従来型の集材機では HAL と HBL を同調させるための調整運転操作に技術が必要で、最近はあまり使われていません。

作業システムの概要



ポイント

■ 自動荷外しフックの活用

ハーベスタで集材された材を掴んだ状態で、オペレーターが「自動荷外しフック」を操作する。

- ・機械の乗り降りがなく、荷外し作業負担の軽減と作業時間を短縮
- ・機械で材を掴むため、荷外し後に材が滑落する危険を回避
- ・主索の線下高を確保し、土場を広くすることによるハーベスタの作業性向上



■ 遠隔操作できる機種を選択

ハーベスタの機械運転席でスイングヤードを遠隔操作できる機種を選択する。

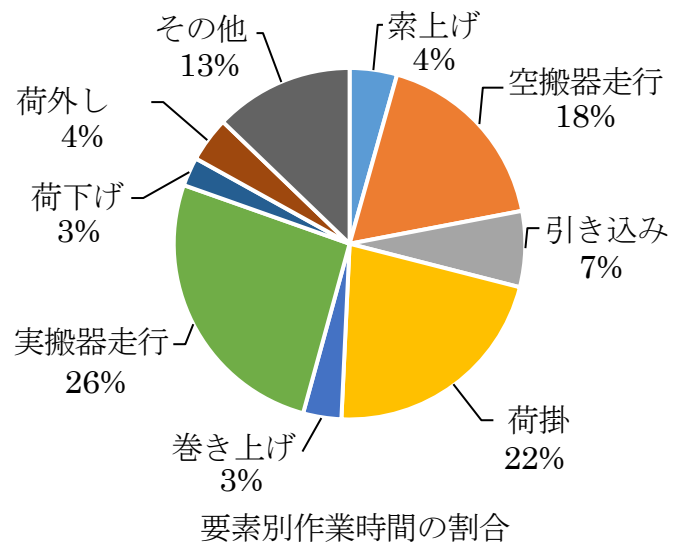
- ・遠隔操作で索の張り具合（バックテンション）の調整やジョイスティックによるドラム速度の微調整が可能な機種
- ・遠隔操作が可能な機械では、2名で集材・造材が可能



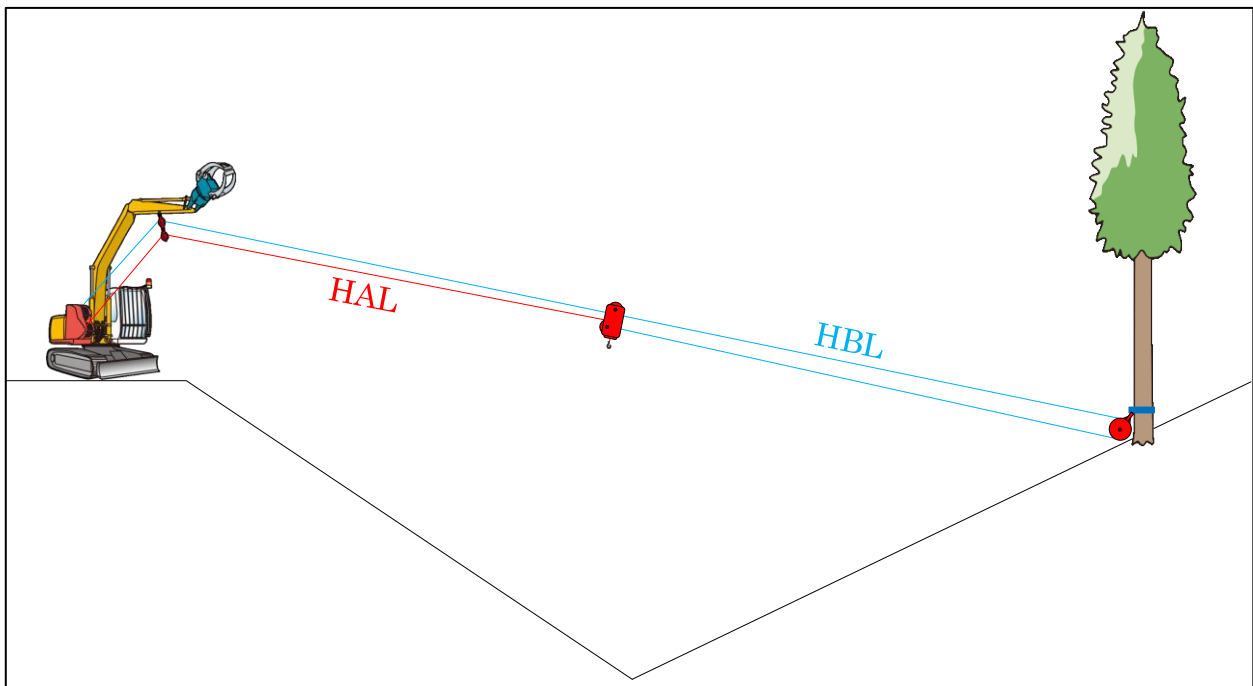
- 遠隔操作のリモコン
- ・基本的なウインチ操作や速度調整が可能

作業例

調査地	大田市三瓶町
樹種	スギ
作業人数	3
支間傾斜角(°)	13
平均集材距離(m)	142
平均サイクルタイム(秒/回)	374
平均集材材積(m ³ /回)	0.83
時間あたり集材量(m ³ /時)	7.96



②ランニングスカイライン式



しくみ

- ・ HBL を搬器上方の滑車を通して、先柱で折り返して末端を搬器に固定
- ・ HAL は搬器下方の滑車を通して、末端にフックを設置
- ・ 地曳集材

利点

- ・ スイングヤードの2つのウインチだけで作業が可能
- ・ 架設撤去が容易
- ・ 上げ荷、下げ荷どちらでも作業が可能
- ・ 索の張り具合を調整して材の鼻上げが可能

留意点

- ・ HBL を折り返すため、先柱の張力が大きくなる（控え索の設置が必要）
- ・ 下げ荷時の横取りでは HAL の重量による抵抗が大きくなるため労働負担が増加
- ・ 材を鼻上げするために集材方向と反対方向に適度な張力（バックテンション）をかける必要があり大径材の集材ではパワーが不足

一言メモ

スイングヤードの代表的な索張方法です。架設撤去が簡単で、列状間伐のように架設撤去を繰り返す集材方法として普及しています。線を張り上げるための力（バックテンション）により牽引力が低下するため、大径材の集材は困難になります。

作業システム



ポイント

■ 架設と張替えの効率化

谷を挟んだ作業の場合，反対斜面の立木の根元に滑車を取り付ける

- ・先柱の控え索の架設を省略
- ・残存木がある間伐と違って皆伐は先柱の張替えが簡単
- ・こまめに索を張替えるため，横取りをほとんど行わない（労働負担を軽減）



■ 機械旋回と荷外しの効率化

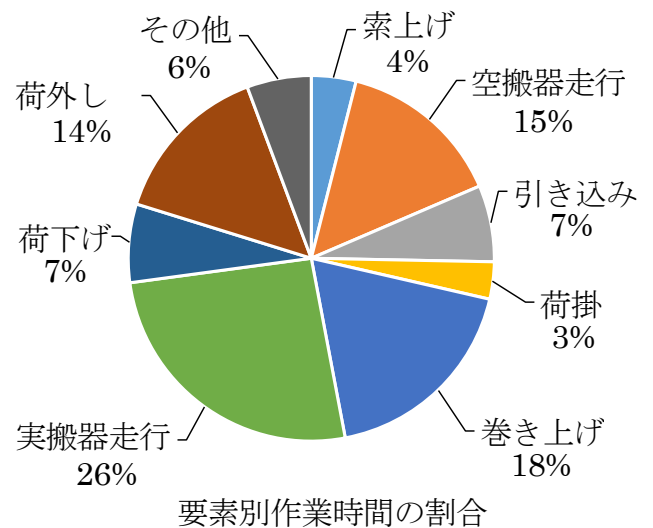
作業道上で集材と造材を行う場合には，集材後に機械の旋回と荷外しの時間が発生する

- ・オペレーターは荷外しのために，機械を降り降りする必要がある
 - ・足場の悪い条件で荷外しを行うことになる
- ☆自動荷外しフックを使えばこれらの問題は解決される

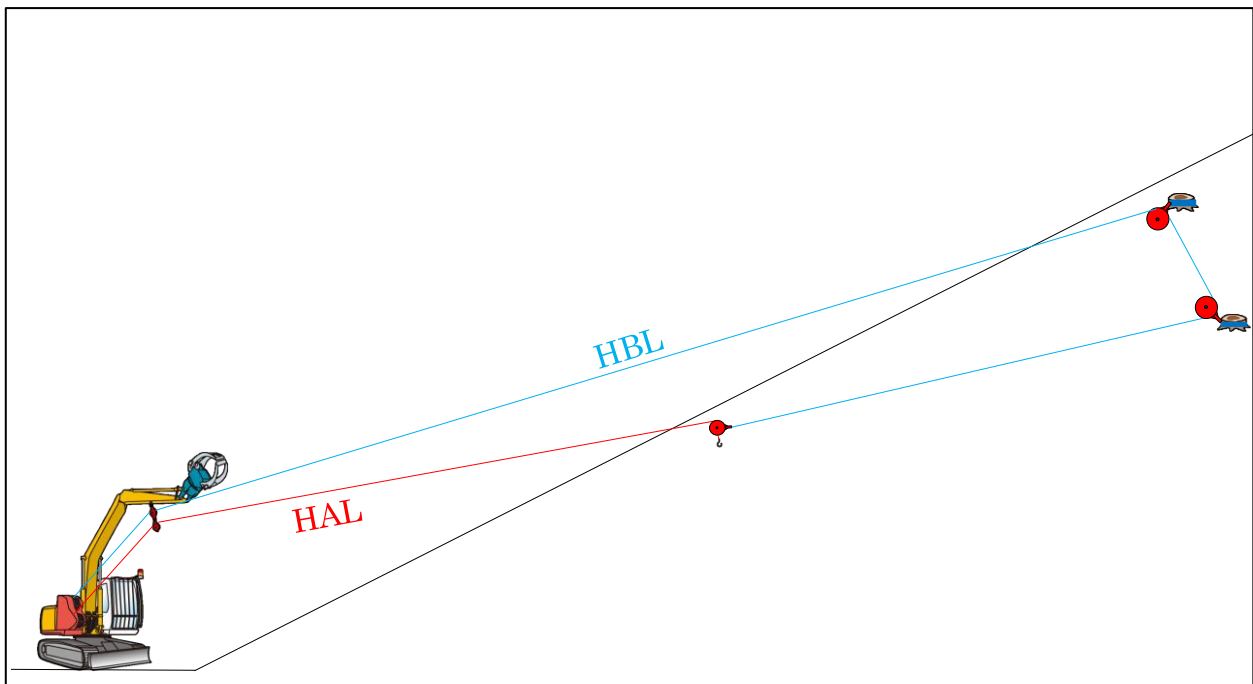


作業例

調査地	飯石郡飯南町
樹種	スギ
作業人数	3
支間傾斜角(°)	0
平均集材距離(m)	57
平均サイクルタイム(秒/回)	285
平均集材材積(m ³ /回)	0.6
時間あたり集材量(m ³ /時)	7.58



③ハイリード式



しくみ

- ・ HBL を先柱で折り返して HAL と連結し，その連結点にフックを設置
- ・ HBL が絡まらないよう，先柱側に 2 つ以上の滑車を使って平面的に架設
- ・ 地曳集材

利点

- ・ スイングヤードの 2 つのウインチだけで作業が可能
- ・ 索張り方法の中では最もシンプルで，搬器を使わないため架設が簡単
- ・ 上げ荷，下げ荷どちらでも作業が可能
- ・ HBL の端末に滑車をつけると，HAL のみを引っ張って横取りが可能
- ・ ランニングスカイライン式と異なり索を張り上げる必要が無いため，HBL のバックテンションを小さくして HAL 本来の牽引力に近い能力を発揮

留意点

- ・ 材の鼻上げが難しいため，伐根へのひっかかり等のトラブルが発生しやすい
- ・ HBL を面的に張る場合は荷掛の移動距離が長くなり，労働負担が増加
- ・ 下げ荷時の横取りでは HAL の重量による抵抗が大きくなるため，労働負担が大きい

一言メモ

架設撤去が容易で，HBL を張り替えると面的な集材が可能のため，小面積皆伐地での下げ荷集材に用いられます。

作業システム



ポイント

■張替えと横取り

先柱側の HBL を面的に架設することで、張り替えが容易にできる

- ・先柱①は固定し、②を③に張り替えることで作業範囲を広げることが可能
- ・張り替える事で横取り距離を短く出来る



■機械旋回と荷外し

作業道上で集材と造材を行う場合には、集材後に機械の旋回と荷外しの時間が発生

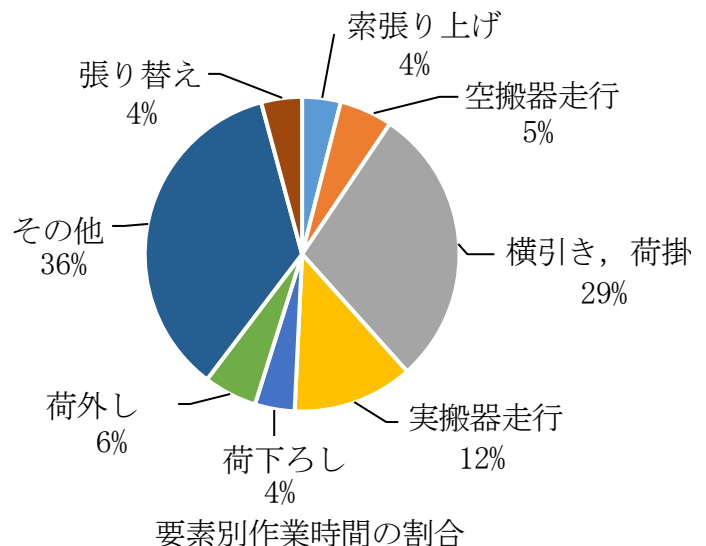
- ・オペレーターは荷外しのために、機械を降り降りする必要がある
- ・足場の悪い条件で荷外しを行うことになる



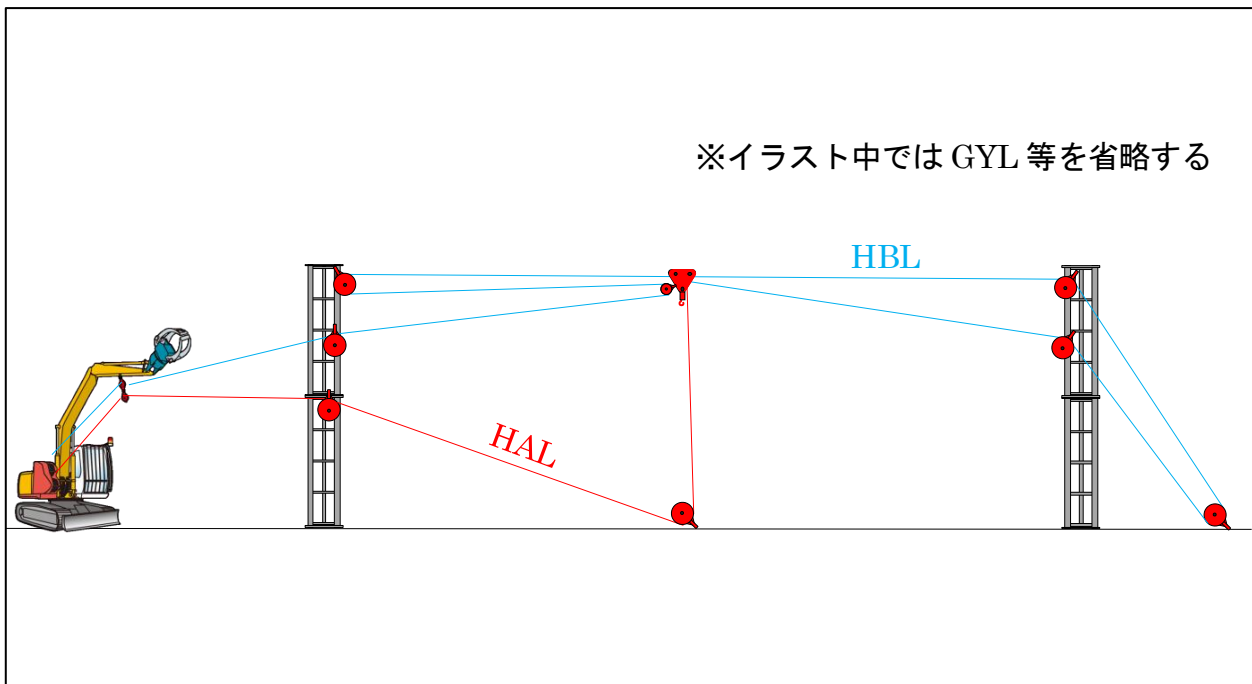
☆自動荷外しフックを使えばこれらの問題は解決される

作業例

調査地	邑智郡邑南町
樹種	スギ・広葉樹
作業人数	3
平均集材距離(m)	47
平均サイクルタイム(秒/回)	400
平均集材材積(m ³ /回)	0.85
時間あたり集材量(m ³ /時)	7.65



④ダンハム式



しくみ

- ・ 索の動きはフォーリングブロック式に類似するが，HBL が主索を兼ねる（地曳集材）
- ・ HBL を折り返すことで動滑車による搬器の牽引
- ・ HBL の端末は先柱で折り返して搬器に固定

利点

- ・ スイングヤードの 2 つのウインチだけで作業が可能
- ・ 動滑車（2 倍力）で重い材でも集材が可能
- ・ 動力による横取りが可能

留意点

- ・ HBL は支間距離の 3 倍以上の長さが必要
- ・ 巻き取り速度が 1/3 に低下
- ・ 元柱，先柱それぞれに強い張力が発生
- ・ 横取り時には搬器と折り返した HBL がすべて引き込まれるため，横方向に大きな張力が発生

一言メモ

実際の現場で使用されることはほとんどありませんが，牽引力が強いため短距離の大径材集材での活用が期待できます。

作業システム



ポイント

■ 架設

HBL を複数回折り返すため、支柱間距離の 3 倍以上の長さが必要

- ・ 先柱, 元柱にかかる張力への対策として控え索を設置する
- ・ 索が捻れやすいので、作業手順をあらかじめ確認する



■ 集材距離

荷掛位置から元柱に向かって直線的に集材する

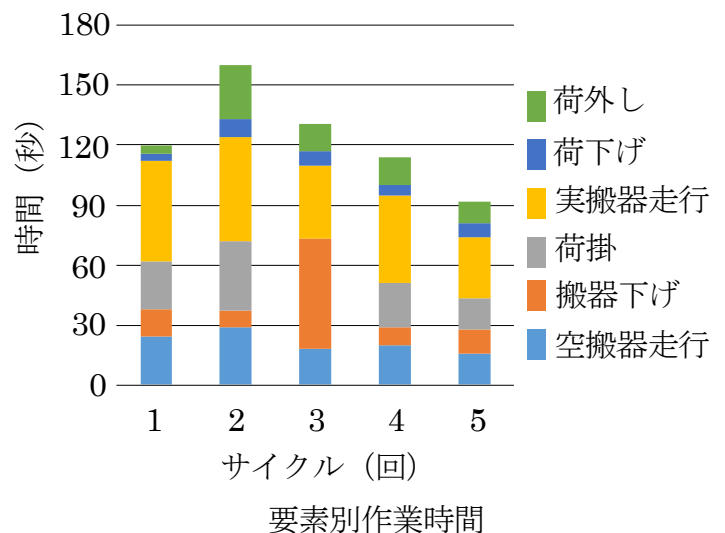
- ・ 材の鼻上げが難しい
- ・ 伐根等を除去しておく必要がある

☆ 短距離で少量の大径材集材に向く可能性がある



作業例

調査地	飯石郡飯南町
樹種	ヒノキ(短幹)
作業人数	3
支間傾斜(°)	0
平均集材距離(m)	20
平均サイクルタイム(秒/回)	130
平均集材材積(m ³ /回)	0.28
時間あたり集材量(m ³ /時)	7.84



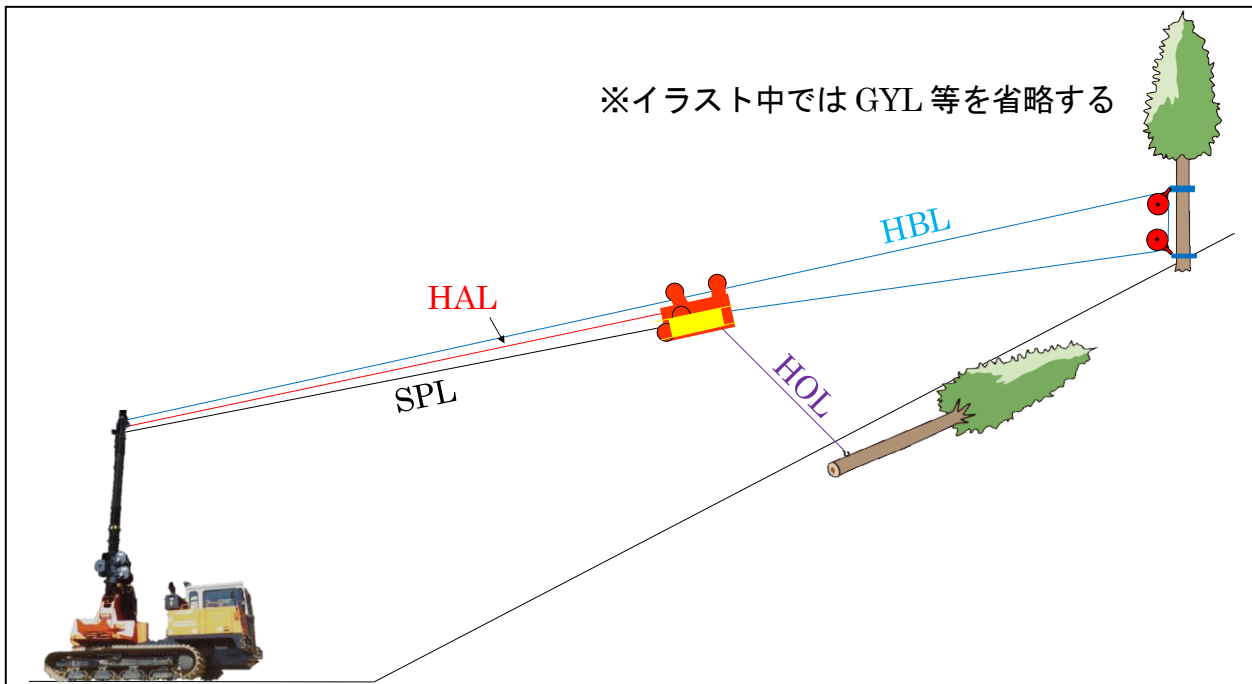
2. タワーヤーダ



主な機種

メーカー (販売代理店)	型式	寸法 (全長×全高×全幅) (m)	重量 (t)	索張り延長 (m)	タワー高 (m)	牽引力 (t)	台車
加藤製作所	NR301	6×2.7×2.6	10.7	200	8.2	3	クローラ
イワフジ工業	TY-U5C	8.1×2.7×2.4	11.9	600	9.6	2.5	クローラ
KONRAD (サナース)	KMS12	6.7×3.2×2.2	11.8	800	11.5	3	牽引
MM Forest Technic (緑産)	WF-Crawler3	5.8×3.6×2.4	18	600	11.4	3	クローラ

⑬ 胴式ランニングスカイライン式



しくみ

- ・フックの強制降下が可能な3胴式ランニングスカイライン式（地曳集材）
- ・HBLを専用の搬器上方の滑車に通して、先柱で折り返して末端を搬器に固定
- ・HALとSPLで専用搬器内のドラムを操作して、先端にフックのついたHOLを強制降下
- ・スイングヤードのランニングスカイライン式とは異なり、搬器を空中に張り上げたままの状態でも横取りが可能

利点

- ・架設や張替えが比較的簡単
- ・横取りはHOLだけを引っ張るので作業負担が軽減
- ・搬器走行は任意で登録した地点の間を自動走行
- ・機械式インターロックのため、スイングヤードで見られるバックテンションによる牽引力の低下がない

留意点

- ・3つ以上のウインチと専用搬器が必要
- ・ワイヤの摩耗が激しい

一言メモ

ダブルエンドレス式に似た作業ですが、主索を張らないため架設撤去の時間が大幅に削減されます。

作業システム



ポイント

■ 繊維ロープの活用

HOLに繊維ロープを使い、横取り作業における労働負担の軽減

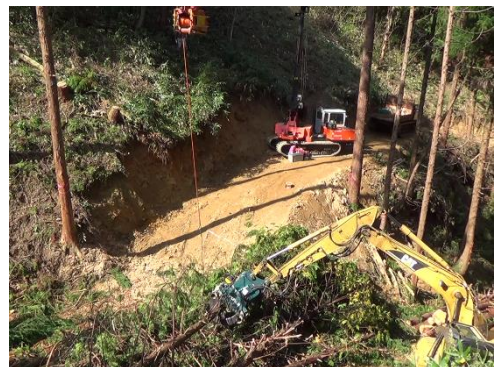
- ・ワイヤロープと同程度の引張強度でも軽い
- ・HOLの強制降下と繊維ロープの組合せで横取りの労働負担を大幅に削減できる



■ 自動荷外しフックの活用

荷掛けと土場の2名で集材、造材が可能

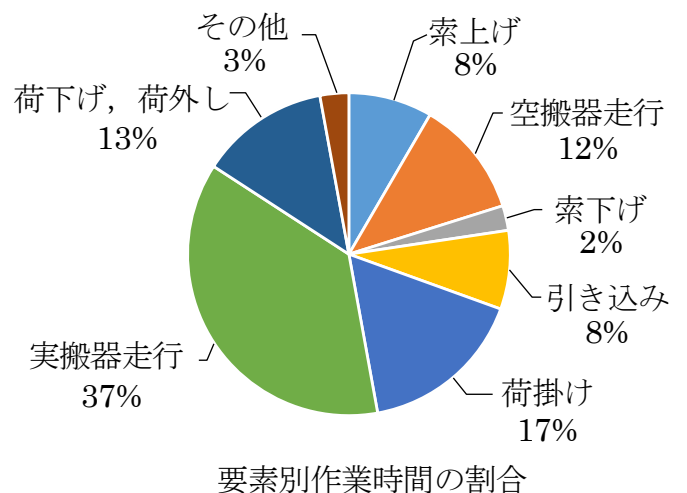
- ・自動荷外しフックの活用により機械の乗り降りがなく、作業負担の軽減と時間を短縮
- ・搬器走行を自動化



☆省人化と作業の効率化に繋がる

作業例

調査地	浜田市金城町
樹種	スギ・ヒノキ・マツ
作業人数	2
支間傾斜(°)	13
平均集材距離(m)	68
平均サイクルタイム(秒/回)	221
平均集材材積(m ³ /回)	0.83
時間あたり集材量(m ³ /時)	13.6



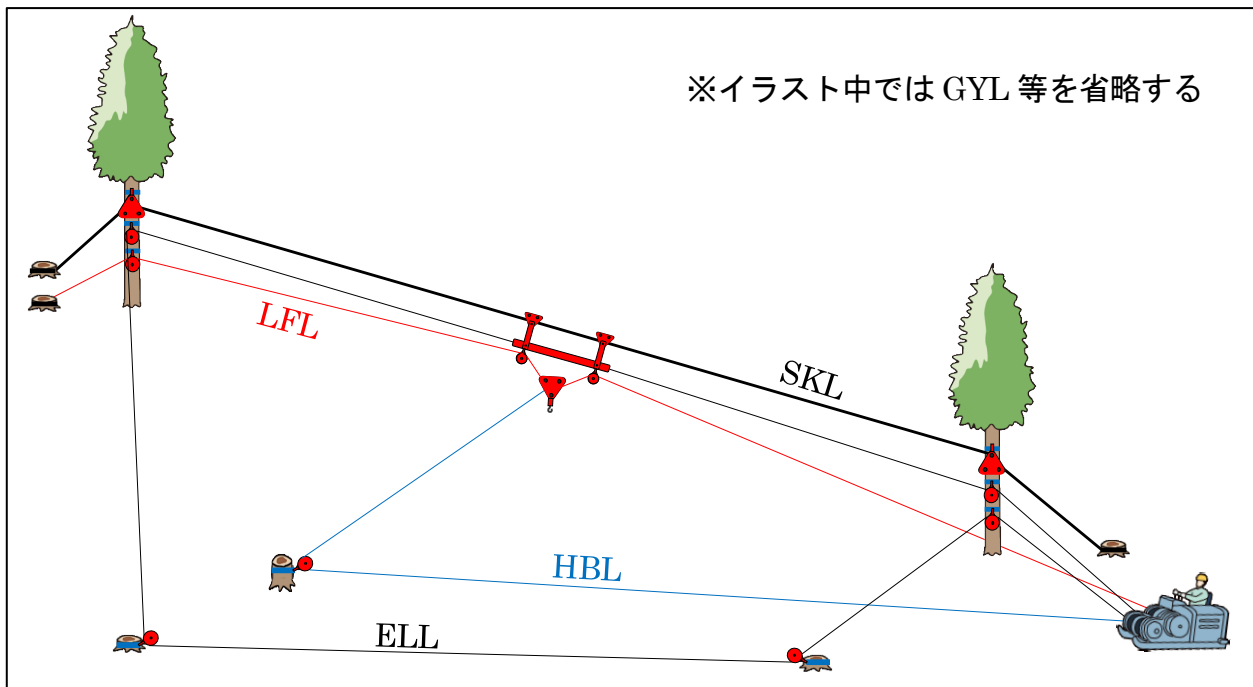
3. 集材機



作業方法

索張方式	集材方向		横取り方式	必要な ウインチの数	掲載頁
	上げ荷	下げ荷			
エンドレスタイラー式	○	○	動力	3	p22
タイラー式	×	○	動力	2	
ダブルエンドレス式	○	○	人力	2	
フォーリングブロック式	○	○	動力	2	

①エンドレスタイラー式（従来の集材機）



しくみ

- ・ SKL を架設して荷重を支える空中集材
- ・ ELL により 1 つのドラムで搬器の移動と位置決めが可能
- ・ LFL は搬器の滑車とロージングブロックを通して、端末は先柱側に固定
- ・ HBL を引き回して、端末をロージングブロックに固定
- ・ HBL による横取り方式（動力引き込み型）

利点

- ・ 上げ荷, 下げ荷どちらでも集材が可能
- ・ 索の制御が容易
- ・ 集材速度が速い
- ・ 広範囲の横取りが可能
- ・ 一度架設すると広範囲を集材できるため皆伐に向く

留意点

- ・ 架設撤去に多くの時間が必要
- ・ 索の数が多いため線同士の絡まりに注意が必要
- ・ 荷掛, 集材機, 土場で 3 人以上の作業員が必要

一言メモ

島根県の皆伐現場では一般的な作業方法です。ただし、全国的には技術継承が課題となっています。

作業システム



ポイント

■伐根処理

索が引っかかるリスクを低減させるために伐根の角を切断

- ・ワイヤの損傷を防ぐ
- ・引っかかりによる作業時間の無駄を無くす
- ・断線等による事故を防止



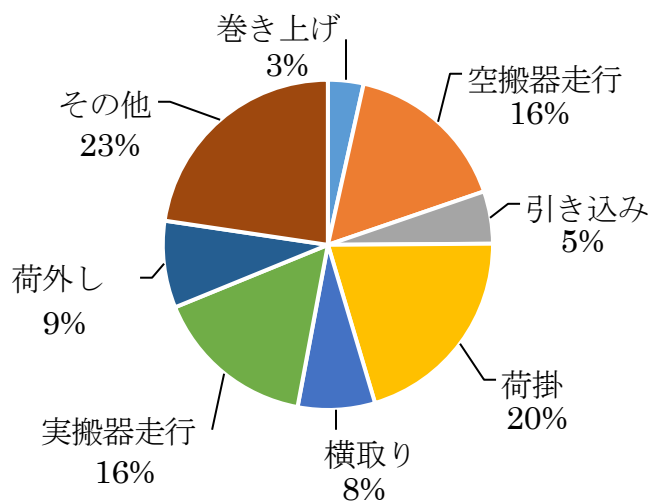
■土場の作業配置

- ・主索を高く張る事で、造材機械の作業スペースを確保
- ・荷外しからトラック積み込みまでの動線を工夫する
- ・集材機オペレーターから土場や材の様子を確認することが出来る



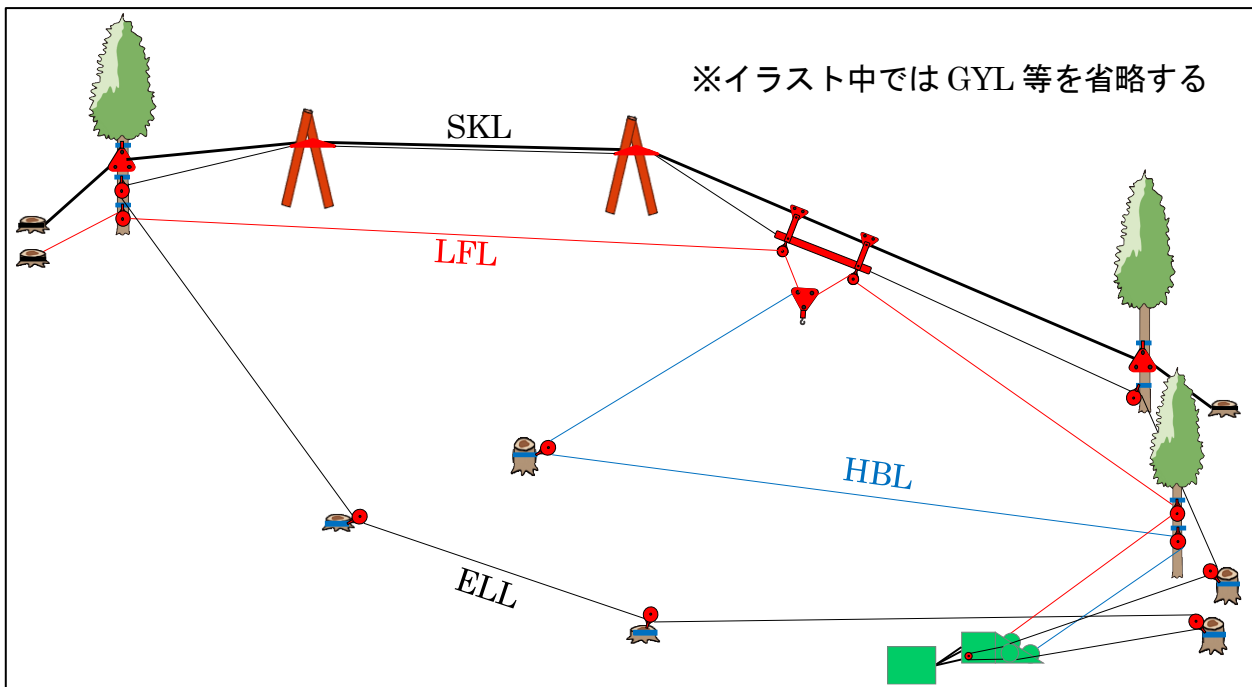
作業例

調査地	浜田市田橋町
樹種	広葉樹
作業人数	3
平均集材距離(m)	149
平均サイクルタイム(秒/回)	547
平均集材材積(m ³ /回)	0.5
時間あたり集材量(m ³ /時)	3.29



要素別作業時間の割合

②エンドレスタイラー式（油圧式集材機）



しくみ

- ・ 前述のエンドレスタイラー式と同じ仕組み
- ・ 油圧式集材機を使うことで遠隔操作による ELL, LFL, HBL のインターロック（複数ドラムの同調）運転が可能

利点

- ・ 遠隔操作が可能で、荷掛手自らが搬器位置の微調整等を行うことが可能
- ・ インターロックにより簡易操作が可能
- ・ 誤操作防止スイッチや緊急停止スイッチ等の安全装備が充実
- ・ 搬器は自動走行機能により走行することが可能
- ・ 過負荷がかかると機械が停止し、遠隔操作で再始動が可能
- ・ エンジン部とウインチ部がユニット化され、設置の自由度が高い
- ・ 中間支柱を設置すると、地形の起伏を克服できる

留意点

- ・ 索張り方法は従来と変わらないので架設撤去の労務も変わらない
- ・ ドラムの乱巻きに注意が必要
- ・ 機械が大きく重たいので運搬と設置に慣れが必要
- ・ 現時点では高価格

一言メモ

インターロックがあるので、フォーリングブロック式等の比較的架設が簡単な索張り方法も可能です。

作業システム



ポイント

■ 充実した安全機能

遠隔操作により安全性が向上

- ・ 遠隔操作により、荷掛手が自分で搬器の位置やフックの引き込みを行うため誤操作による事故を防止
- ・ 緊急停止ボタンを装備



■ 自動走行機能の装備

土場や先山の位置を登録することで、搬器走行を自動で行う

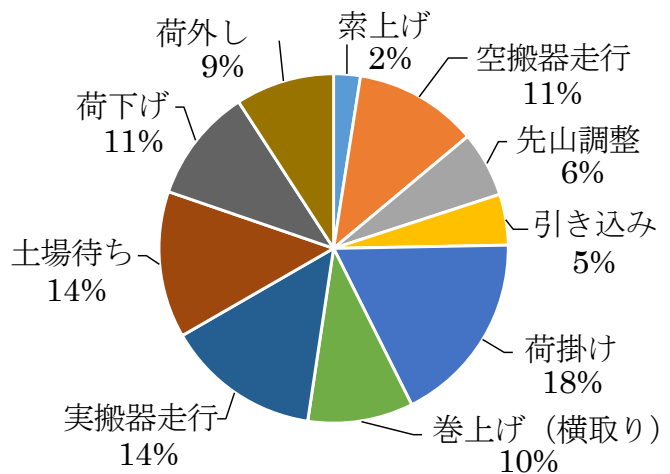
- ・ 中間支柱の通過時は自動で減速する
- ・ 搬器走行時間は機械だけで作業する
- ・ 自動荷外しフックを組み合わせればさらに効率化



☆作業の大幅な効率化を可能にする

作業例

調査地	松江市大井町
樹種	ヒノキ・広葉樹
作業人数	3
平均集材距離(m)	154
平均サイクルタイム(秒/回)	493
平均集材材積(m ³ /回)	0.68
時間あたり集材量(m ³ /時)	4.97



要素別作業時間の割合

Ⅲ. すぐに見える ～作業改善のワンポイント～

架線集材はメインとなる集材機械に搬器やワイヤ等の機材を組み合わせることで集材作業を行います。ここでは、集材作業の効率化や安全性の向上といった改善に向けて導入しやすい機材を紹介します。

1. 自動荷外しフック

松本システムエンジニアリング(株)のロボキャッチャーは、無線操作によって最大 100m 離れたところから荷外し作業を行うことができます。架線集材の安全性と作業効率を高める機材として普及しています (写真)。



ロボキャッチャー



造材機による荷外し

しくみ

- ・ワイヤに通した本体と、スリングの先端に取り受けたリングを接続して作業する
- ・電池を動力源として使用する
- ・荷外しをリモコンによる遠隔操作でおこなう

利点

- ・100m 程度の距離から遠隔操作できる
- ・荷外し時に、ロージグブロックからスリングをはずさなくてすむ
- ・安全な荷外しが出来る
- ・市販電池が動力源
- ・電池残量がなくなっても手動解除が可能

留意点

- ・重量が 6kg 以上あるため、人力による長距離の横取りでは作業負担が増加する
- ・樹冠部で使用すると、ワイヤが枝に引っかかりフックを解除が困難になることがある

一言メモ

すべての集材現場で使えるというわけではありませんが、工夫次第で荷はずし作業の自動化による作業の効率化が可能です。

2. 繊維ロープ

軽量の繊維ロープは架設撤去作業や横取り作業での労働負担の軽減に大きな効果があるため注目されています。また、同径の鋼線ワイヤロープと同程度かそれ以上の引っ張り強度があるため、繊維ロープ仕様のスイングヤーダも開発されています。



スイングヤーダでの使用例



横取り

しくみ

- ・スーパー繊維と呼ばれる高強度・高弾性率の性能を有する繊維で作られたロープ

利点

- ・同径の鋼線ワイヤロープと比較して以下の特徴があります
 - 重量が約 1/6 で軽い
 - 引っ張り強度が同程度
 - 乱巻きが少ない
- ・油による汚れや素線によるケガがない
- ・切断や加工が簡単に出来る

留意点

- ・切断防止のため、岩石等への接触に注意が必要
- ・摩耗や熱に弱いため、専用の滑車を使用する事が推奨される
- ・同径のワイヤロープに比べて価格が 3 倍以上する
- ・メーカーが示す破棄基準を遵守する

一言メモ

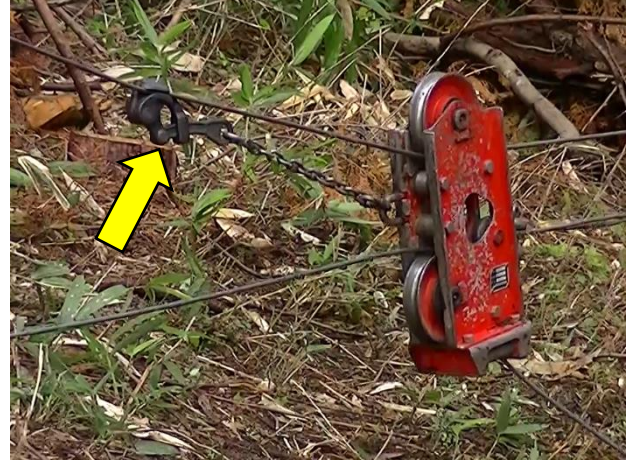
一度繊維ロープの軽さを経験すると、鋼線ワイヤロープを再び使用する気にはならないほどです。

3. 簡易架線集材用搬器

ランニングスカイライン式で使われる地曳集材専用の搬器です。イワフジ工業（株）の BC-11 は横取りの作業負担を軽減させるカムラーを装備しています（写真）。（株）南星工業も同じような形状の搬器を取り扱っています。



BC-11



カムラーによる搬器の係留

しくみ

- ・上の滑車に HBL，下の滑車に HAL を通して使う
- ・カムラーを HBL に取り付けることで搬器が係留される
- ・横取り後は搬器がカムラーに接触して係留を解除する

利点

- ・横取りの労働負担を軽減する
- ・2つの滑車が一体になっているため頑丈で、索の絡まりが少ない
- ・搬器を地面に下ろさずにある程度の高さを保持したまま横取りできるため、集材木が伐根へ引っ掛かかるリスクを低減できる

留意点

- ・重量が 16 kgあるため搬器の取り付けに注意が必要
- ・カムラーが摩耗すると搬器が滑る

一言メモ

BC-11 キャレッジは、カムラーを適切に使うことで能力を発揮します。作業現場の状況に合わせてカムラーを使って作業することが重要です。

4. 自動係留搬器

株式会社モリトウの C-120-D 型搬器は、平成初期に普及した国産タワーヤードと組み合わせて簡易架線集材を行うために開発されました（写真）。この搬器の特徴は、HBL と HAL のクランプ操作を無線操作で行います。遠隔操作により任意の地点で搬器を係留できるため、安全性の向上と作業負担の軽減が期待出来ます。また、搬器重量が重たいため、ランニングスカイライン式（写真）だけでなくスラックライン式による作業にも向いています。

バッテリーを動力源として、1 回の充電で 100 回程度のクランプ操作が可能です。なお、搬器の価格は 90 万円程度で受注生産となります（R2 年現在）。



C-120-D 型搬器



ランニングスカイライン式での使用例

しくみ

- ・ HBL と HAL それぞれのクランプを装備する
- ・ 遠隔操作でクランプを操作して搬器を係留する
- ・ クランプの動力はバッテリーを用いる

利点

- ・ スラックライン式では、荷掛手の判断で搬器を係留させることができる
- ・ ランニングスカイライン式では横取り時の人力による係留作業が不要なため、作業性と安全性が向上する

留意点

- ・ 重量が約 50 kg あるため搬器の取り付けに注意が必要
- ・ バッテリー残量がなくなるとクランプ操作ができない
- ・ クランプに適した径のワイヤを使用しないとクランプ出来ない
- ・ 価格が 80 万円以上

一言メモ

海外製の搬器には自動係留装置を備えたものが見られます。

IV. 作業システムの考え方

1. 路網整備

集材機を用いた本格架線による架線系システムは1か所に大量の材が土場に集まってくる「1点集中集材」となるため、土場を林道沿いに設置してトラックをすぐ側まで入れて積み込む事が可能になります。つまり、長距離運搬や積み替え時間が必要なフォワードによる運材功程を省略することで、伐出コストの低減や作業効率の改善に繋がる可能性があります。これまで架線系システムは森林作業道などの路網開設が困難なため消極的に選択しているという側面もありましたが、材の運搬方法や接続路網を工夫する事で有効な木材生産システムになります。

2. 土場

架線集材は1点集中集材になるため、土場ではプロセッサ等の造材機械を使ってこの材を処理します。近年は、木質バイオマスの燃料用需要が高まっていることから、伐採した木材を全て利用するために全木集材が一般的に行われます。このため、土場では木材を造材機械が掴んで造材するため、造材した丸太や枝条を一時的に保管する作業スペースが必要です。したがって、架線集材システムを採用するためには広めの土場を確保することが重要です。

3. 功程管理

0.5サイズのプロセッサは10 m³/時（H22 林業白書）の処理能力があります。この処理能力を最大限に活かして待ち時間の少ない作業システムを構築することが重要です。本書で紹介したスイングヤーダ集材はおおむね8 m³/時で集材するため、プロセッサに待ち時間が発生する可能性があります。しかし、待ち時間を有効に活用してプロセッサが丸太の極積みや仕分け、枝条の整理を行って、使用機械が少ないシンプルで効率的な作業システムとすることができます。

4. 自動化

タワーヤーダや油圧式集材機のように最新機械には搬器の自動運転機能を備えた機械もあるため、従来人間が機械に張り付いて操作していた時間を無くすことが可能になります。このような最新機械の導入には多額の費用が発生しますが、労働生産性を高め、より安全な作業を実施することが出来るという大きな利点があります。

V. 必要とされる人材

架線集材はそれぞれの地域や現場の実情に応じて対応を行う必要があるため、より多くの技術的な組み合わせとしての「引き出し」を持つことが重要です。そのためにも、事業体自らの経営状況や人材、保有機械を把握して、今ある人・機械・現場でどのような作業方法を選択すればより低コストになるのかを常に考える必要があります。そして、将来どのような林業経営を目指していくのか、そのためにはどのような人材を育て、どのような機械を導入していけば良いのかを同時に考えることも重要です。そこで、「現場」、「経営」、「行政」の視点で整理しました。

1. 現場技術者

架線集材は林況や路網の整備状況などの現場状況に応じて、索を張る技術や安全確保など特殊な技術が必要です。このため、架線技術者の養成には長い期間を要します。また、主索を張る場合は林業架線作業主任者の免許が必要です。そこで技術の継承や最新機械を取り入れた研修が実施されています。これらの研修を受講し、現場実践と合わせて技術レベルを向上させ、最も生産性の高い作業システムを選択できる人材を育成することが必要です。

2. 経営者

安定的に経営をするために、伐採地を確保する必要があるので山元への還元を増加させるという意識が重要です。このためには絶えず作業システムを改善して伐採コストを低減させることが大切です。

さらに、近年の木材生産量の増加に伴い、林業就業者数も増加傾向にあるものの産業全体では有効求人倍率が上昇し人材の確保が喫緊の課題です。人材を確保するためには、安心して働くことのできる労働環境が大切ですが、林業の労働災害発生率は依然として高い状態が続いています。高い専門性が必要とされる架線集材の現場なので、タワーヤード等の最新機械を取り入れて少人数による効率的で安全性を高めた作業に転換していくことが重要です。

3. 行政（プランナー）

伐採を行うためには施業の集約化や路網整備などの基盤が必須です。それらを計画し、整備していくためには木材搬出の効率性だけでなく環境や耐久性を考慮し、長い目で森林・林業の将来ビジョンを描く事の出来る人材が必要です。

おわりに

架線集材は、奥山や急傾斜地から木材を効率的に運搬することができます。さらに、近年導入されつつある機械は、自動運転や遠隔操作等を取り入れているため、経験年数の少ない技術員でも安全に作業することが出来ます。

しかし、索の設置位置の決定をはじめとした作業の進め方には知識と経験を必要とする、専門性の高い作業です。このため1つのミスが大きな事故に繋がるため、どのような機械、作業システムを採用しても安全第一を原則としなければなりません。

こうしたことから、現場の状況に適した低コストで効率的な架線集材システムの普及が図られることを期待しています。

謝辞

調査に当たって大田市森林組合、飯石森林組合、邑智郡森林組合、石央森林組合、清水木材有限会社、大島林業、小島林業、伸和産業株式会社、浦田木材株式会社、須佐チップ工業有限会社の皆様に大変お世話になりました。また、中国林機有限会社の住田義則代表取締役、島根大学の吉村哲彦教授、高知県立森林技術センターの山崎敏彦チーフ、東京大学の酒井秀夫名誉教授、秋田県立木材高度加工研究所の吉田美佳特任助教授には有益なご助言をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 島根県（2018）平成30年島根県の森林・林業・木材産業, 14-16, 38.
https://www.pref.shimane.lg.jp/industry/norin/ringyo/oshirase/shimane_no_shinrin_ringyo_u.data/h30shimanekenoshinrinringyoumokuzaisangyou.pdf
- 島根県（2016）新たな再造林の手引き
- 大河原昭二（1991） 林業機械学・文栄堂出版
- 社団法人林業機械化協会（2010）機械化林業入門－伐出林業機械と作業システムの基礎知識－
- 社団法人林業機械化協会 スイングヤーダの正しい使い方
- 林野庁 高性能林業機械とは <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/kikai.html>
- 森林利用学会 架線系作業システムで使われる林業機械 <http://jfes.jp/machines.html>
- 徳島県農林水産部林業振興課（2008）新聞伐システム作業マニュアル
http://www.pref.tokushima.jp/_files/00099059/sinkanbatsusisutemusagyomanyuaru.pdf
- 社団法人日本森林技術協会（2010）低コスト作業システム導入マニュアル
- 酒井秀夫（2012）実践経営を拓く林業生産技術ゼミナール伐出・路網からサプライチェーンまで
- （一社）フォレスト・サーベイ（2015）高度架線技能者育成技術マニュアル2014
- 林業・木材製造業労働災害防止協会（2017）集材機運転者安全必携
- 林業・木材製造業労働災害防止協会（2017）林業架線作業主任者テキスト
- 社団法人林業機械化協会（1991） 林業機械シリーズ No. 80 タワーヤーダとその作業

研究成果マニュアル

架線集材の低コスト化を目指して ～島根県に適した作業方法の提案～

発行 令和2年3月30日

編集 島根県中山間地域研究センター

千原敬也（代表者）, 山中啓介, 岩田若奈

課題名：島根県に適合した主伐における林業架線集材による低コスト木材生産システムの構築

期間：H28～H30