

第2章 集材機械と索張り方式

2-1 架線集材の用語と機器

Point !

架線作業に用いる装置や器具の用語や用途をマスターすることが重要

集材機やタワーヤード等の集材機械のほか、架線、搬器、支柱及びブロック類等の付属装置を装備し、木材の木寄せや運搬を行う、集材作業のために設けられた設備を総括して機械集材装置と呼んでいます。

架線集材を理解するためには、最初に機械集材装置に含まれる主要な装置、器具の標準用語と用途を覚える必要があります。なお、地域や索張り方式等により用語が異なる場合やここに記載されていない用語もありますので注意しましょう。

用語	略号	用途
機械集材装置	—	集材機、架線、搬器、支柱及びこれらに付属する物により構成され、動力を用いて、原木又は薪炭材を巻き上げ、かつ、空中において運搬する設備
集材機械	—	集材機やタワーヤード、スイングヤード等の架線集材を実施するために利用するウインチ等を有した機械の総称
集材機（ヤード）	YD	エンジン（原動機）・動力伝達装置（エンジンの動力をドラムに伝達する一連の装置の組み合わせ）・ドラム（鋼索巻き取り胴）などを備えたウインチ
タワーヤード	TY	支柱となるタワーとウインチ等を組み合わせた装置で自走式や牽引型の機種がある。このような構造であることから架設・撤収にかかる作業時間を短縮できる
スイングヤード	SY	バックホウに集材用ウインチを架装し、アームに作業索を引き込むための滑車を取り付けた林業機械。簡易索張り方式（ランニングスカイライン方式等）に対応した機種が多い
搬器（キャレジ）	CR	材を吊って主索上を走行するものの総称
自走式搬器	ACR	エンジンと走行装置及び巻上索用ドラムを内蔵し、無線を用いて走行と材の昇降を行う搬器の総称
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	フォーリングブロックやハイリード等の索張りに使われ、搬器と材とを元柱方向に吊り上げ、曳き集めるための作業索 なお、タワーヤードでは、メインラインと呼ばれる
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
エンドレス索（エンドレスライン）	ELL	集材機の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
ヒールライン（引締索）	HEL	ヒールブロックの間に幾重にも掛けまわして集材機に巻き取り、主索を強く張り上げるためのワイヤロープ
コントロールライン（調整索）	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
アンカーライン（固定索）	ANL	主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
ガイライン（控索）	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
ガイドブロック（並滑車）	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
サドルブロック（三角滑車）	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
ロージングブロック（荷掛滑車）	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
ヒールブロック（引締滑車）	HB	何枚かのシーブを持った2個1組の滑車で、幾重にもヒールラインを掛けて主索を強力に緊張する
スリング（荷吊索）	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。一端は蛇口（アイ）、他端にチョーカフックを取り付けたものが多い
チョーカフック（荷縛 ^{カギ} 鉤）	CH	スリングの一端につけてある鉤 ^{カギ} これでスリングのループを絞って材を縛る
ラジコン式自動荷外しフック	ACH	無線により、荷外しを自動で行うことができるフック
ロージングフック（荷掛 ^{カギ} 鉤）	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
主索クランプ（スカイラインクランプ）	SCP	主索とヒールブロック等を連結する場合等に使う金具
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、ワイヤロープの末端を固定する場合に使用
連結用バイス	BS	架設作業等で主索と作業索等を一時的に連結する金具
主索中間支持金具（スカイラインサポート）	SS	尾根越し集材や長距離集材において、途中で荷が地物等に接触する場合等に、搬器の通過に支障が無いように主索を吊る器具
作業索受滑車（オペレーティングラインサポート）	OS	主索中間支持金具と同様な場合に用い、作業索が地面に接触しないようにするための滑車

2-2 集材機械の構造

Point i

集材機械の諸元や構造を理解することにより、現地に適応した集材機械を選定

架線集材で用いられる集材機械は、集材機、タワーヤード、スイングヤードの3種に分けられ、その種類により架設・撤収の方法、採用できる索張り方式等が異なります。また、現地に合わせた集材機械を選定し、安全で効率的な作業を実施するためには、集材機械の諸元と構造を理解することが重要です。

集材機械の主な諸元と3種の機械ごとの能力、属性は下表のとおりです。

諸元	集材機	タワーヤード	スイングヤード
機械質量 (トン)	1.3～4.0	大型18以上 中型10～16 小型11以下	大型11～17 小型10以下
機械幅 (m)	1.1～2.0	大型2.5以上 中型2～2.5 小型2.2以下	大型2.4以上 小型2.3以下
動力伝達方式	機械式	油圧式	油圧式
エンジンの出力 (PS)	30～110	大型230以上 中型130～240 小型130以下	大型90以上 小型60以下
最大牽引力 (KN) (ホールライン等)	15～50	大型25以上 中型25～50 小型30以下	大型27以上 小型24以下
ドラムの数と種類	2～4	大型2～4 中型3～5 小型2～4	大型2～3 小型2
ワイヤ巻き取り速度 (m/min)	300～600	大型270以上 中型300～640 小型350以下	大型100～120 小型75～80
主索 (m)	300～1500 (作業索)	大型600以上 中型500～900 小型500以下	大型 — 小型 120 (主索の有無は機種による)
元柱の高さ (m)	地形等の条件による	大型10.5以上 中型8～11.5 小型9以下	大型5～7 小型4～5
移動方法	ウインチによる自力移動 トラック運搬	トラック搭載型 クローラ搭載型 牽引型	クローラ搭載型
機械設置方法	アンカー	アウトリガー センターリガー アンカー	排土板 ポストアーム アンカー

※①集材機は、エンドレスタイラー方式による皆伐に対応できる、エンジン出力が30PS以上の機種

②タワーヤードは、機械質量から大型・中型・小型に区分

③スイングヤードは、ベースマシンのバケット容量により大型 (0.5m³)、小型 (0.28m³) に区分

タワーヤーダの区分

【小型タワーヤーダ】

- ・主にクローラ搭載型や牽引型で、森林作業道の走行が可能な機種が多い
- ・主な機種は「イワフジ工業 TY-U3B」「IHI NR301」「コラー K303H」等



【中型タワーヤーダ】

- ・牽引型の機種が多く、牽引する車両により走行できる路網が異なる
- ・欧州では、牽引に大型トラクタを用いることが多い
- ・大型フォワーダ等を用いる場合は林業専用道のような堅固な道との組み合わせが必要
- ・主な機種は「イワフジ工業 TY-U5C」「コラー K306H」「マイヤーメルンホフ Wanderfalke」「コンラッド KMS 12」等



【大型タワーヤーダ】

- ・主にトラック搭載型の機種で、機械質量が20t以上となる機種が多いことから、林業専用道等の堅固な構造の路網との組み合わせが必要
- ・大型車両のため現地までの一般道や橋梁が通行可能であるか確認が必要
- ・コンビマシンの場合は、更に大型となるため、安全に走行可能な路網であるか確認が必要
- ・主な機種は「コラー K507GH」「マイヤーメルンホフ Syncrofalke」「コンラッド MOUNTY 3000U」等



(1) 動力伝達方式

動力伝達方式は機械式と油圧式があります。機械式の場合は、エンジンの動力をクラッチや変速機によりドラムに伝える方式のため、操作方法が煩雑になります。油圧式の場合は、エンジンにより油圧ポンプを駆動し、その油圧によって油圧モータ等を作動させてドラムに伝える方式で、油圧を電子制御することで無線操作が可能となります。また、インターロック機構を装備している機種であれば機械操作が容易となります。

インターロック機構

ワイヤロープの巻込量と繰出量が同じになるように、巻き取るロープの長さだけ、もう一方のドラムから送り出すようにする機構で、作業索の緊張度を変えずに搬器を走行させることができます。また、1本のレバー（スイッチ）だけで簡単・スムーズなウインチ操作が可能となります。なお、機種により様々な方式があります。

(2) エンジン出力と牽引力

エンジン出力と動力伝達装置の機械効率により牽引力が決まります。一般的に、大型になるほどエンジン出力や牽引力も高くなりますが、機種によっては、同じエンジン出力でも牽引力やワイヤ巻取速度が異なることがあります。

(3) ドラムの数

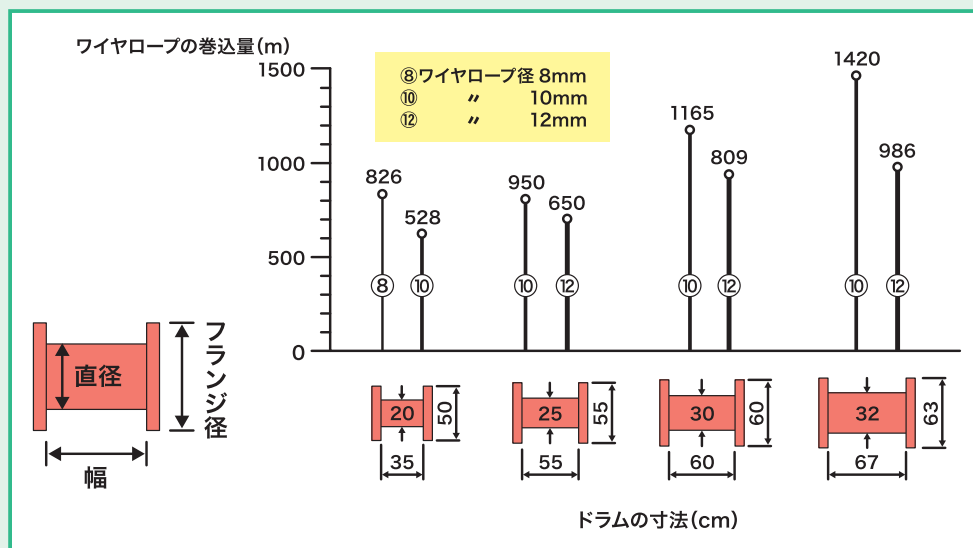
ドラムの数や種類の違いにより、索張り方式が異なります。集材機でエンドレスタイラー方式を採用する場合、一般的に3胴式の集材機を用います。欧州のタワーヤードは、上げ荷集材で機械的な横取りを実施しないため、主索用を含め2胴式が一般的です。下げ荷に対応する場合は3胴式、長スパンで引戻索の容量が足りない場合では4胴式の機種があります。なお、日本では、様々な索張り方式に対応するため、5胴式のタワーヤードが開発されています。

(4) ドラムの巻込容量

ドラムの巻込容量が多いほど長スパンの集材が可能となります。集材機でエンドレスタイラー方式を採用する場合、横取り範囲や荷掛地点から荷下ろし地点間で吊荷が運ばれる距離に余長を見込んだ索長とします。また、集材スパンに10%の余長を見込んだ距離を基準にしても大差はありません。タワーヤードの場合は、主索用のドラムに巻き込まれている容量により最大集材距離が決まります。

集材機のドラム巻込容量の目安

集材機のドラムに巻き込まれるワイヤロープの巻込量は、ドラムの直径、ドラム幅、フランジ径の寸法によって異なります。使用される作業索の索径は8～14mmの種類のものになるので、ドラムの直径は索径の20倍以上とする作業索設計規範（建設用リフト構造機械第31条）から、20cmから32cmの範囲で作成されています。



(5) 元柱の高さ

主索が高いほど横取り範囲が広範囲となるので、元柱の高さの高い方が効率的な集材作業が可能となります。集材機の場合、現地の立木を利用するため、地形等の条件により異なりますが、一般的に、タワーヤードよりも高く張ることができます。タワーヤードはタワーの高さが7～10m程度となっています。

(6) 移動及び設置方法

集材機械により、設置場所までの搬入方法や設置方法が異なります。集材機は、トラックに積んで運搬し、作設した架設盤台に合わせて降ろすほか、降ろした後に移動が必要な場合は、ウインチにより自力移動させることもあります。タワーヤードは機種により重量や移動方式が異なるので、設置場所までの走行が可能か路網の整備状況等を確認する必要があります。設置方法については、アウトリガーやセンターリガーで固定するため容易です。



設置された集材機



タワーヤーダのアウトリガー等

2-3 主要な索張り方式

(1) 現在の索張り方式

Point 1

大きく主索型と非主索型に分類され、さらに自重型と機械運行型に分類される

集材機の軸数や胴数、シングルもしくはエンドレスといったドラムの種類が、索張りの方式を大きく限定します。また、索張り方式は大きく分けて、主索型か非主索型の2種類に分類され、さらに、搬器が自重で走行する自重型と搬器をエンドレス索等により集材機械の力で動かす機械運行型に分類されます。

主索型は、主に急傾斜地が多いオーストリア等の中欧や日本で用いられ、非主索型であるハイリード式等は、主に緩傾斜地での皆伐が多い北米や東南アジアなどで用いられることがあります。



主索型の索張り方式



非主索型の索張り方式

ア 中欧の索張り方式

Point i

オーストリアでは、タワーヤードと高性能搬器を組み合わせた主索型が主流

無線操作可能なタワーヤードや高性能搬器が開発されたことで、大幅に架設・撤収・集材作業が簡素化されると共に、引寄索や引戻索と組み合わせる等の機械運行型も用いられています。また、中間サポート設置により、様々な地形への対応を可能とする集材機械の性能を十分に生かした簡易な索張り方式を採用しています。

長距離集材が必要で集材機を用いる場合については、高性能搬器と組み合わせて、主に単胴の油圧式集材機が使用されています。

オーストリアの森林施業

【森林施業】

- ・ 伐採量の20～25%が間伐で、それ以外は皆伐や傘伐が主
- ・ 皆伐は、0.5ha未満であれば許可が不要、0.5～2haは州政府の許可が必要であり、2ha以上の皆伐は禁止
- ・ 間伐については、基本的に許可は不要であるが、上空から見て50%以上の面積を伐採する場合には、主伐とみなされ、許可が必要
- ・ 最適な間伐は、材積の30%が目安となっており、1伐期（70～80年）に3回ほど行われている
- ・ 間伐時期の目安は樹齢でなく、樹高や直径が目安

【タワーヤードによる集材】

- ・ 幅員3.5m程度の路網が整備されており、高性能搬器と組み合わせて使用
- ・ 機械的な動力による横取りはせず、主索から左右片側15～25m程度の範囲を集材
- ・ 架設・撤収の容易さを生かして、順次架設・撤収を繰り返しながら作業を実施

【集材機による集材】

- ・ タワーヤードによる集材が困難な、長スパンな場合等に集材機を使用
- ・ エンドレスタイラー方式のような、機械的に横取りを行う作業は実施しない
- ・ 使用されているのは単胴の油圧式集材機
- ・ 高性能搬器と組み合わせて利用

イ 日本の索張り方式

Point 1

日本は、横取りの必要性が高く、主索型のエンドレスタイラー方式が主流

日本では自重型による索張り方式が欧州より導入されましたが、路網の整備が進んでおらず、地形等から下げ荷集材の必要性も認識され、集材機械を谷側に設置できるタイラー方式が多く用いられるようになりました。さらに、エンドレスドラム付き集材機が製造され、大規模皆伐や急傾斜でシワのある地形における横取りの必要性から、現在では、3胴式のエンドレスタイラー方式が最も多く使われるようになっていきます。

また、間伐作業では、ダブルエンドレス方式やH型架線方式、短距離の集材では、スイングヤードによるランニングスカイライン等の非主索型の索張り方式も用いられています。

(2) 索張り方式の種類

Point 1

索張り方式の特徴を理解し、地形や作業条件に応じて採用

日本や中欧において、主に用いられている主索型の索張り方式について、集材機械別に紹介するとともに、日本で短距離の集材方法として用いられている非主索型の索張り方式についても紹介します。なお、同じ索張り方式でも搬器の種類などにより、使用機材などが異なることが考えられるので注意しましょう。

このような索張り方式の特徴を理解し、地形や作業条件に応じた索張り方式を検討することが重要です。



集材機を用いた索張り方式



タワーヤードを用いた索張り方式

ア 集材機の索張り方式

集材機は、架設や撤収の作業が煩雑ですが、長スパンでの集材や横取りが可能であり、一度の索張りで広範囲の集材が可能です。それぞれの索張り方式では、例えば、架設や撤収を容易にしたり、長スパンに対応して搬器の動きを制御しやすくしたりするなどの工夫がなされています。



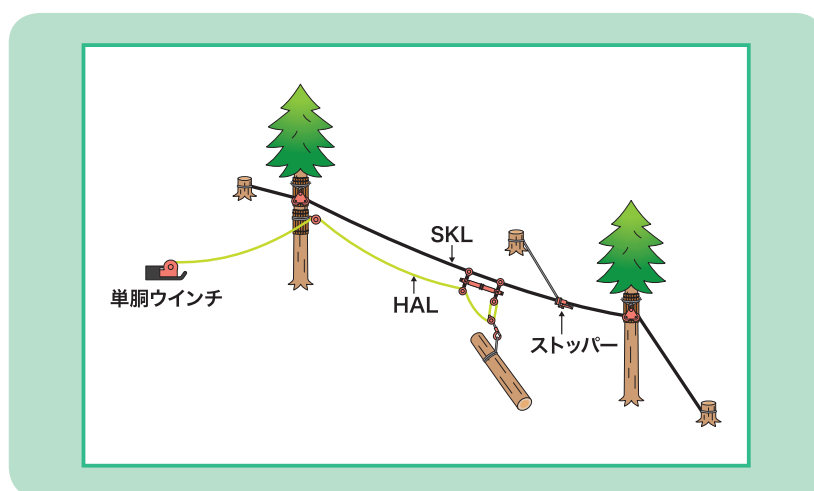
長スパンの架線集材

(ア) スナビング方式

搬器とストッパーを併用する等、引寄索だけで搬器を走行させる自重型の構造で、索の使用量が少なく、主索型の索張り方式の中で最も簡単なものです。

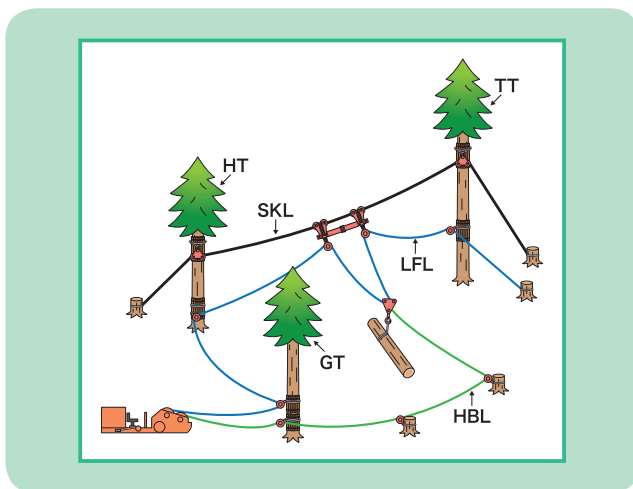
架設・撤収が容易なことから、林内作業車やトラクタに搭載されたウインチと組み合わせた短距離集材等で用いられています。

欠点は、集材機の設置場所が伐採範囲の上部に限られることや荷が自重で走行できるような急傾斜地に限られること、ストッパーの移動が煩雑であること、横取り範囲が狭くなることが挙げられます。



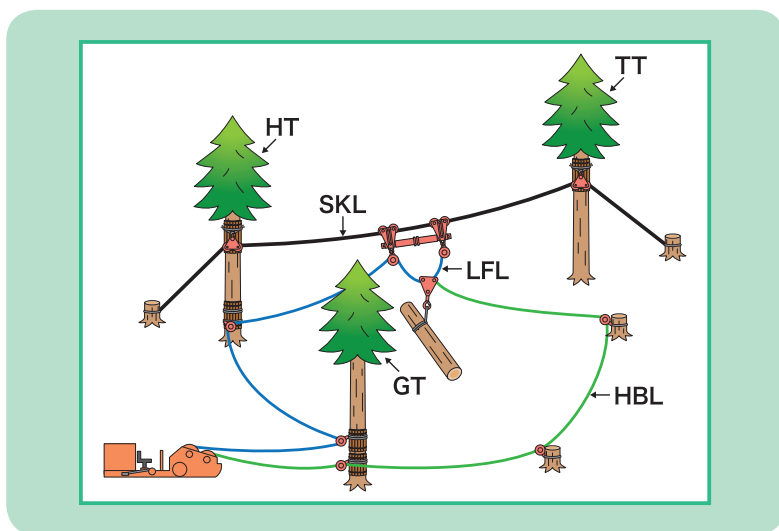
(イ) タイラー方式

先端が先柱に固定された荷上索が、搬器の滑車を通してローリングブロックを吊り下げた構造（下図、2胴式タイラー方式）で、エンドレスタイラー方式やフォーリングブロック方式の原型となる自重型の索張り方式です。搬器の自重で走行できる傾斜地での下げ荷用として用いられますが、引寄索を追加（3胴式タイラー方式）することで機械運行型となります。



(ウ) フォーリングブロック方式

タイラー方式の荷上索の先端を搬器に固定した構造で、支間傾斜が水平または緩傾斜の箇所で用いられます。構造は簡単ですが、荷上索と引戻索を同調させるため、操作はやや難しい索張り方式です。

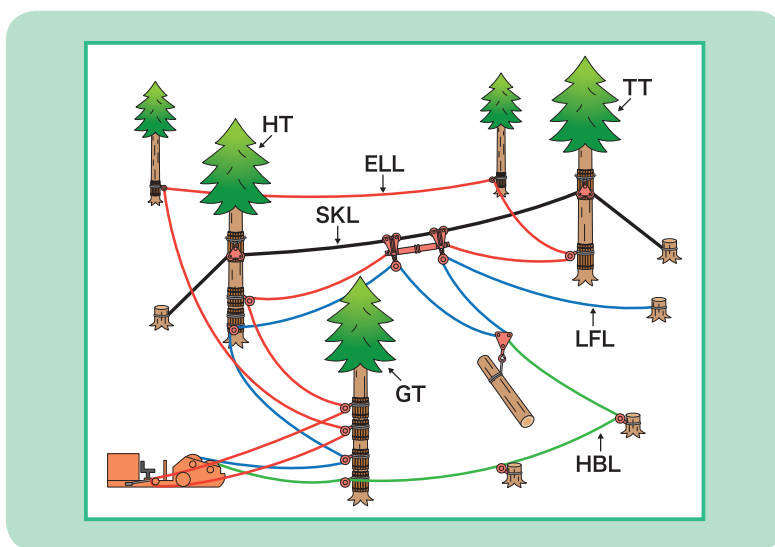


(エ) エンドレスタイラー方式

タイラー方式を基本に、エンドレス索を追加し、その両端を搬器に取り付け、エンドレスドラムで走行させる構造（3胴式エンドレスタイラー方式）が一般的であり、そのエンドレス索のほかにロージングブロック引き込み用の引戻索を取り外したもの（2胴式エンドレスタイラー方式）もあります。

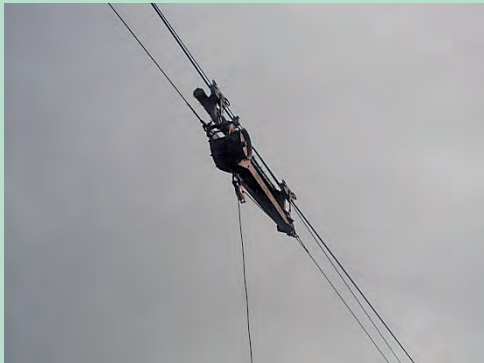
この方式は、横取り範囲が広く、運転操作が容易で架線の支間傾斜に関係なく使用できるほか、搬器を主索上の任意の位置に固定できるため荷下ろし等の作業が容易です。

欠点は、作業索の使用量が多く絡みやすいことや索同士が接触しやすいこと、架設に多くの労力を要すること等が挙げられます。



(オ) ダブルエンドレス方式

ホイスティングキャレジ（アベックキャレジ）といわれる特殊搬器と、その搬器の走行及び搬器に内蔵された巻上ドラムを操作するための2本のエンドレス索を使用する構造で、一般的にフロントドラムに割エンドレスドラムを取り付けて、エンドレスドラムとして利用します。なお、ホイスティングキャレッジ式やアベックキャリア式とも呼ばれます。



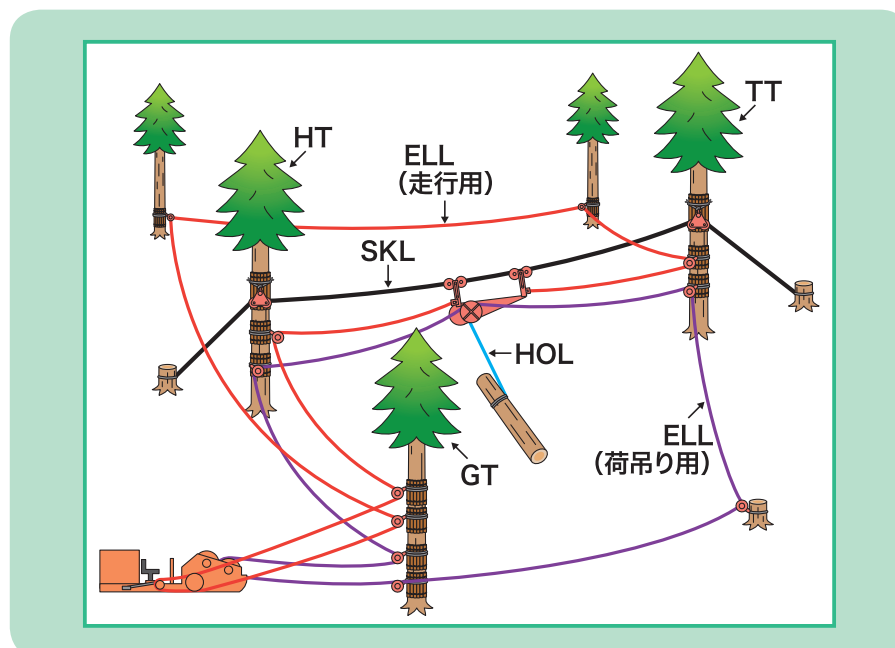
特殊搬器（ホイスティングキャレジ）



フロントドラムに取り付けられた割エンドレスドラム

引戻索による横取りを行わないため、主索直下の伐開幅は少なくすむことから、間伐や択伐に適するほか、運転操作が容易で、2本のエンドレス索を等速で走行させることができれば長距離集材が可能となります。

欠点は、横取り範囲が狭くなることや、架設に多くの労力を要することが挙げられます。



(カ) H型架線方式

一般的に4胴式の大型集材機を用い、エンドレスタイラー方式を2本張り、双方のロージングブロックを繋ぐエンドレスタイラーダブル方式で、形がH型になることから、H型架線方式といわれています。深い谷で長大な斜面を持つ、高知県嶺北地域で利用されています。ダブルエンドレス方式を繋ぐホイスチングダブル式等の索張り方式もあります。

2本の主索の間は面的に集材可能なため、広範囲な集材に有効であるほか、任意の地点で荷の上げ下ろしが可能なため、適宜土場を選定・移動できます。また、荷を真上に引き上げられることから、周囲の立木を傷めることが無いので、定性間伐の実施が可能です。なお、重錘の代りや荷を真上に引き上げるために、自走式搬器や巻上索内蔵型搬器等を使用する例もあります。

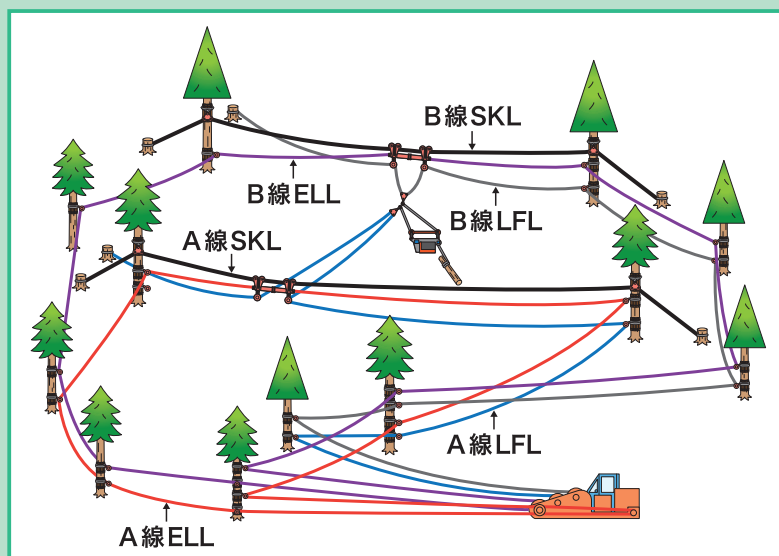


巻上作業に自走式搬器を使用



集材作業に巻上索内蔵型搬器を使用

欠点としては、架設箇所が地形により限定されること、特殊な大型集材機が必要となること、線下高の確保のため、長スパンになること、2本の主索が必要なため、多量の資材が必要になることや初回の架設作業に多くの労力を要すること等が挙げられます。



(キ) コレクター方式

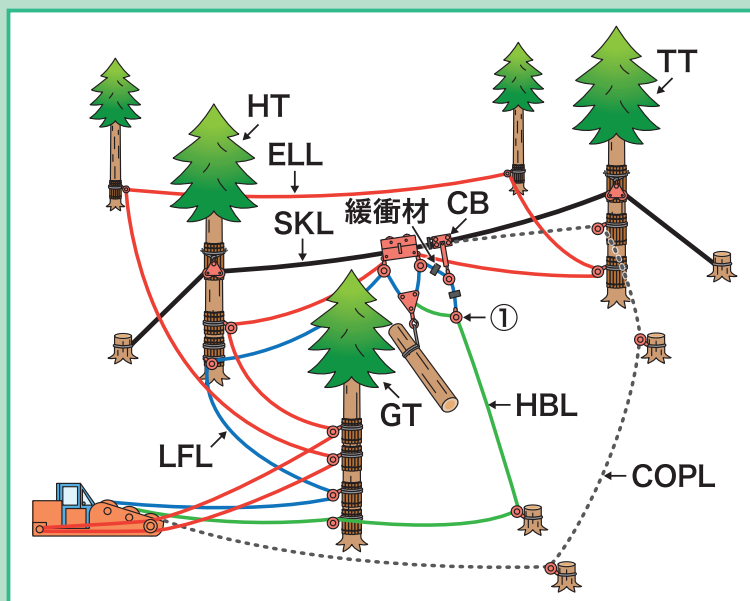
3胴式エンドレスタイラー方式を原型とし、主索にコレクターブロック (CB) を設け、そのブロックに荷上索を通し、ブロック (①) を固定します。そして、引戻索は荷上索に固定されたブロック (①) を通して、ロージングブロック (LB) に固定します。また、コレクターブロック (CB) を操作するためにコレクター作業索 (COPL) を用います。なお、搬器がコレクターブロック (CB) の位置まで移動すると、搬器に取り付けられたブロックとコレクターブロックが接触することから、緩衝材を取り付けたり側板を補強したガイドブロックを用いたりします。コレクターブロック (CB) 位置変更用のコレクター作業索 (COPL) は副集材機または1台の集材機で作業を行う場合は4胴の集材機を用います。



コレクター集材に用いる搬器
(ホイースチングキャレージを使用した例)



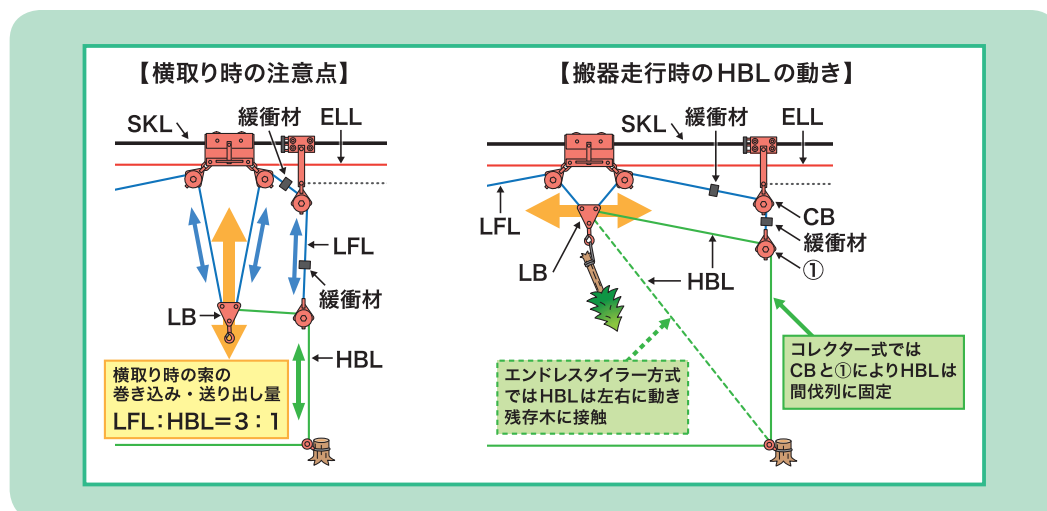
側板を補強したガイドブロック



この方式では、搬器走行時は、①のブロックは、荷上索の張力により、コレクターブロック (CB) の位置まで上がっているため、引戻索は、コレクターブロック (CB) と引戻索引き込み用のブロックの間で伐列に留まるため、残存木に接触することはありません。

このことから、コレクターブロック（CB）と引戻索引き込み用のブロックを列状又は魚骨状に移動させ、横取りすることで集材機での間伐作業が可能となります。

横取り作業では、荷上索と引戻索の巻き込み・送り出し量の比は3：1となるので、操作時に注意が必要です。



イ タワーヤードを利用した索張り方式

タワーヤードは、架設・撤収が容易であることから、移動しながら索張りを繰り返して集材します。このため、高い機動性を生かせる簡易な索張り方式や高性能搬器と組み合わせた索張り方式が用いられています。また、中間サポートを利用し、凸地形にも対応することで、スイングヤードによるランニングスカイライン方式よりも広い範囲に対応できます。なお、タワーヤードや高性能搬器に半自動運転機能が搭載されている機種を用いることで、集材作業も効率的となります。

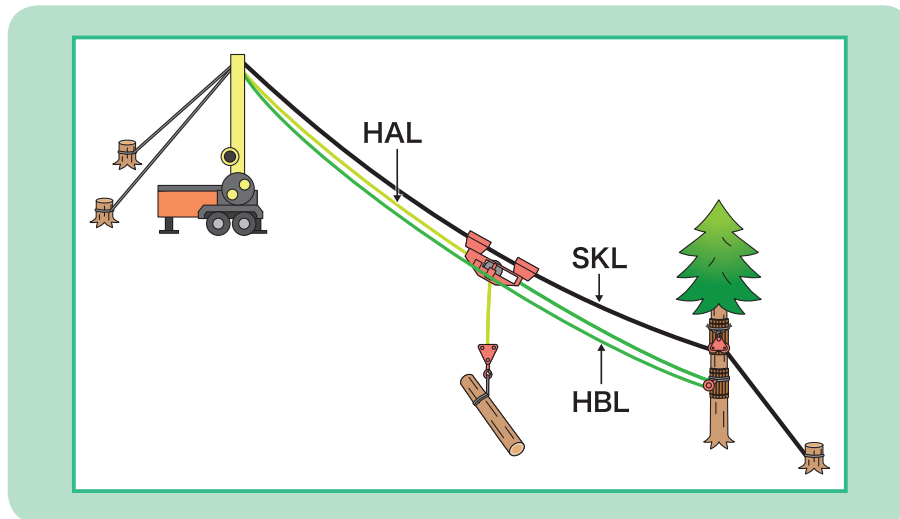
半自動運転とは

現地で、土場の荷下ろし場や先山の荷掛け場所及び中間サポートの位置などを設定することで、搬器を自動で走行・停止させるほか、停止位置付近で減速させることができるので安全作業となります。また、先山の荷掛者と土場のプロセッサ操作者が、搬器の操作権を切り替えながら集材できるため、搬器を走行させた後は、それぞれの作業に集中できるため、待ち時間が少なくなるほか、集・造材作業（工程）が2人作業で可能となり、労働生産性の向上が可能となります。

(ア) 高性能搬器

【自動繫留搬器】

引寄索と先柱等で折り返した引戻索を取り付けた構造で、搬器の走行はタワーヤードにより行うため搬器の制御が可能となることから、全地形で対応できます。なお、搬器の位置がタワーヤードから遠くなると、人力での横取り作業が難しくなるため、強制降下機構を搭載した搬器もあります。

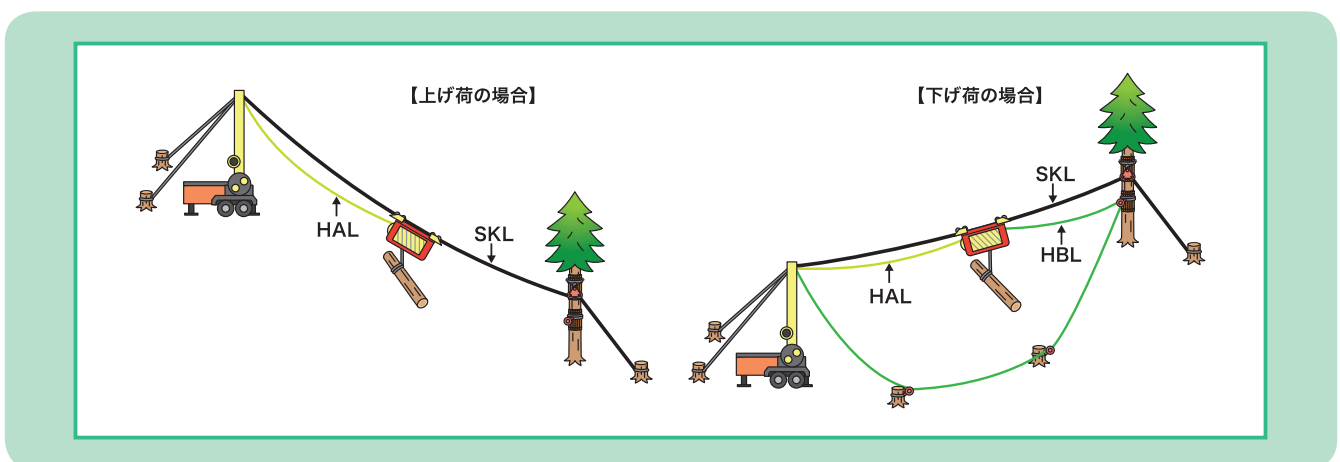


【巻上索内蔵型搬器】

索張り方式は、基本的に自動繫留搬器と同様の構造で全地形に対応できます。また、集材機と組み合わせた場合は、エンドレス索を取り付けた構造でも対応可能です。

搬器の走行は自動繫留搬器と同様に、タワーヤードにより行います。また、エンジンと荷上索を搭載していることから、材の吊上げは、荷掛手がリモコン操作で行うことができます。

欠点は、エンジンを搭載していることから搬器が重く、先柱にかかる荷重が大きいことから、若齢で細い人工林では支柱とする立木に補強を要することや凸型地形や緩傾斜地では主索高が低くなり、伐倒方法や材の吊上げ作業に支障が生じる恐れがあること等が挙げられます。

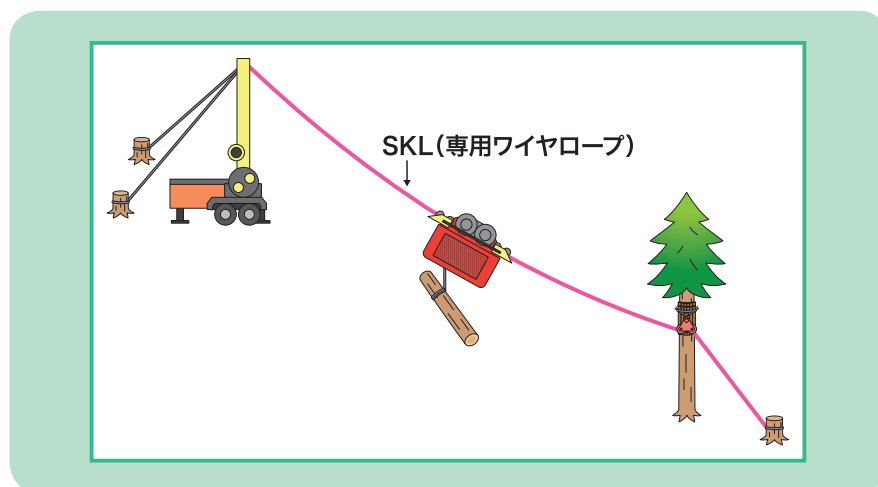


【欧州の自走式搬器】

欧州の自走式搬器は、搬器上部の駆動輪が専用ワイヤロープを巻き込みながら走行することから、主索1本だけで架設できる構造なので架設・撤収が非常に容易です。

集材方式は全地形に対応できますが、搬器の走行に作業索を用いないことから、特に、平坦地や下げ荷での集材作業に適しています。

欠点としては、自重が1.2t程度あり、これまで紹介した高性能搬器の中で一番重く、巻上索内蔵型搬器と同様に、支柱の補強が必要となることや凸型地形や緩傾斜地では架線高が低くなり集材作業に支障が生じる恐れがあること等が挙げられます。また、巻上索内蔵型搬器と比べて、走行するための機能を有していることから、材の吊上げ能力は劣ります。



(イ) 5胴式タワーヤード

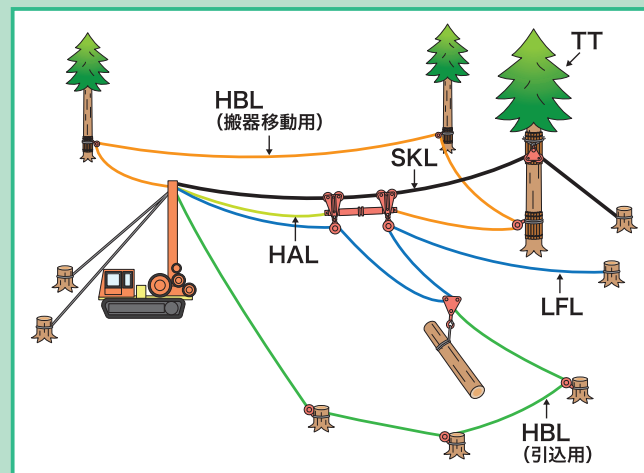
日本で開発が進められている5胴式タワーヤードは、エンドレス索の代りに引寄索と引戻索を用いることで、集材機によるエンドレスタイラー方式と同様に広範囲な横取りが可能となります。



5胴式タワーヤード



ローディンググラップル搬器と
組み合わせた集材作業



ウ 非主索型の索張り方式

日本では、スイングヤードやタワーヤードを使用した、短スパンの集材で架設・撤収が容易な非主索型の索張り方式が用いられています。

(ア) ランニングスカイライン方式

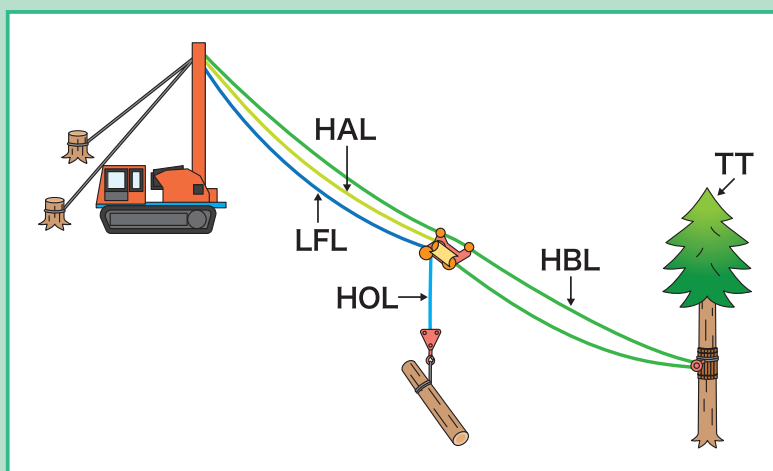
先柱で折り返した引戻索に搬器を乗せる構造で、引寄索と引戻索を操作して集材します。このほかに、横取りを可能にするために改良したタイトライン型があります。また、日本で開発されたタワーヤードでは、引寄索、引戻索、荷上索と巻上索を内蔵した特殊搬器を利用した3胴式ランニングスカイライン方式が用いられています。

小規模・短距離集材に適しており、一般的に、材を空中に吊り上げず、地曳きでの集材となります。3胴式ランニングスカイライン方式の場合は、搬器を固定したままでの横取り作業が容易です。

欠点は、ワイヤロープの損耗が大きいこと等が挙げられます。



3胴式ランニングスカイライン用特殊搬器



(イ) ハイリード方式

搬器を使用せず、引寄索と引戻索をシャックル等で繋ぐ構造で、材の吊上げ・移動は引寄索と引戻索を操作して行います。

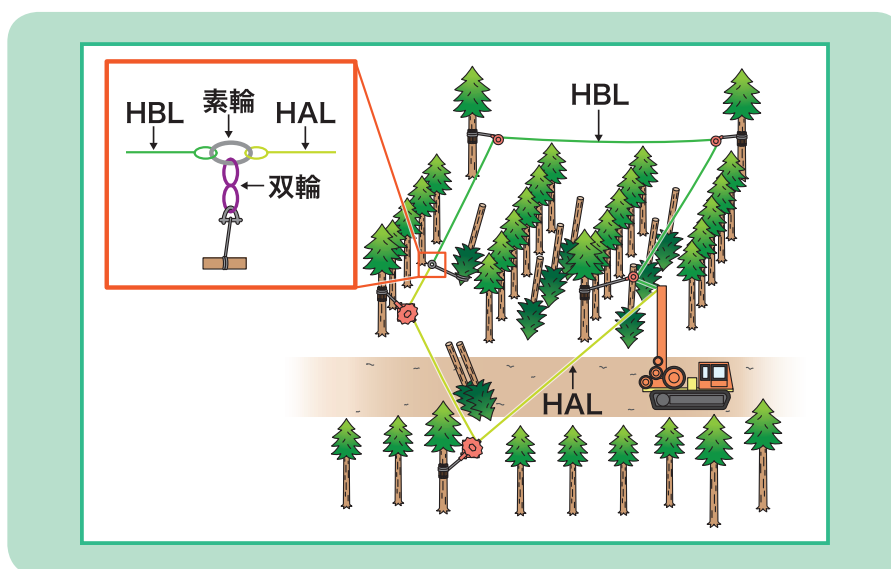
短距離、緩傾斜地での少量の下げ荷集材に適していますが、地曳き集材となることから、材や林地の損傷が大きいことや起伏の大きいところでは、張力の変動が激しいことが挙げられます。

このほかに、ハイリード方式にジグザグ滑車を組み合わせた信州式搬出法があります。ハイリード方式を原型とし、引寄索と引戻索を素輪で繋ぎ、そこにフックを8の字の素輪（双輪）で繋ぐ構造です。

集材機械を移動することなく、伐採列に応じて、ブロックを架け替え、索を繋ぎなおすことにより複数列の集材が可能となります。このことから、主索や中間サポートを用いないため、張り替えの手間がかかりません。

また、ブロックを1m程度の高さに取り付けることで、地曳きされた材が根株等の障害物を通過させることやジグザグ滑車により全木のまま材の方向転換が可能となり、作業道上まで引き出せることができます。このため、安全な下げ荷集材が行えます。

欠点はジグザグ滑車の構造上、脱索が発生する恐れがあることやジグザグ滑車等が下がらないように固定すること、ブロックを通過する際の全木の動きを想定して計画すること、残存木の損傷への対策など、架線集材に関する知識や経験が必要なこと等が挙げられます。



エ 日本の自走式搬器

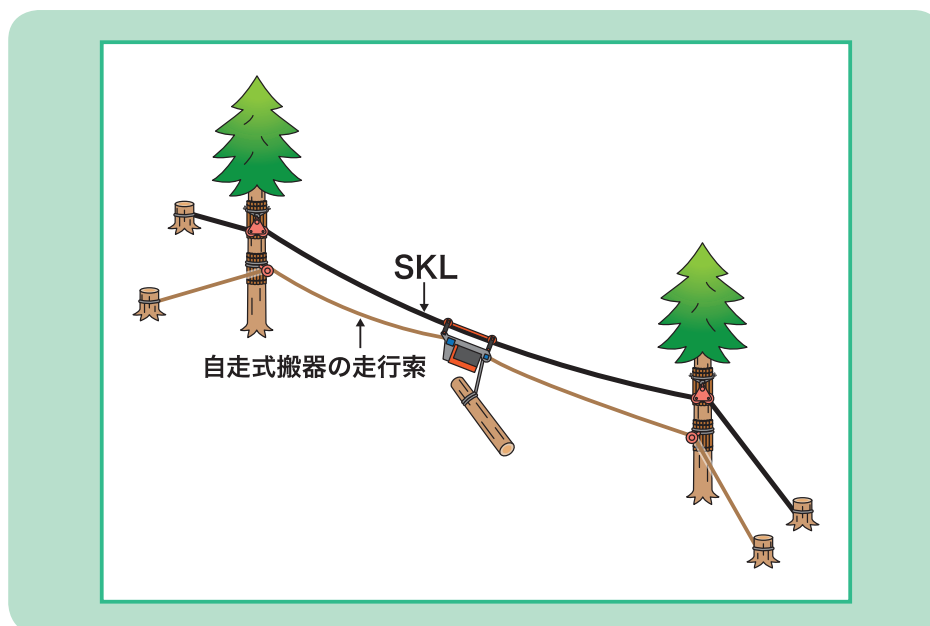
Point !

スイングヤード等の機械が入らない場合は日本の自走式搬器が有効

日本の自走式搬器を用いる索張り方式は、搬器を支える主索と走行に用いる走行索のみの簡単な構造です。また、走行索のみの簡単な方法もあります。

架設作業では、集材機械を使わずに内蔵された走行用ドラムを用いて、走行用のワイヤロープや主索を引き回し、バックホウに搭載されたウインチ等で張り上げることができます。

小型のエンジンを搭載しているため、走行速度が遅いほか、出力に限界があること等から、中小径木の短スパンでの集材に使用されます。このほかに、エンドレスタイラー方式やH型架線方式での、重錘兼吊り上げ機としての利用やダブルエンドレス方式と組み合わせた2段集材等にも利用されています。



Point !

タワーヤードは、集材距離を考慮した路網整備と上げ荷集材により効率化を図る

タワーヤードは、高性能搬器と組み合わせることにより、少人数で効率的な集材作業を行うことができる機械です。その集材距離は、100～500m 程度が適しています。

タワーヤードや高性能搬器等には遠隔操作機構が搭載されているものがあり、搬器を半自動運転させることができます。このような機能を使いこなし、効率的な集材作業を行うためには、スイングヤードと同様に上げ荷集材とします。また、荷おろし場所に集材木が集中するため、運搬との連携が重要になることから、尾根付近に大型トラックの走行が可能な路網を整備することが必要です。トラック搭載型のタワーヤードを用いた場合は、公道を走行できるハーベスタ等と組み合わせることで、機動力を生かした集材作業を行うことができるようになります。



Point !

油圧式集材機の活用により、エンドレスタイラー方式での集材作業を効率化

タワーヤードで集材できない範囲は集材機を用いた架線集材を行います。一般的な架線集材は、機械運転手、荷掛手、荷おろし手の3名が必要です。また、滑車等の使用器材が多く、架設撤去に労力がかかります。

集材機を用いた架線集材の主な索張り方式として、エンドレスタイラー方式が挙げられます。この索張り方式は、フックを引き込むことができるため、広範囲の横取りが可能となります。この方式を効率化するための方法として、油圧式集材機の活用があります。油圧式集材機は、完全油圧制御による3胴のインターロック機能が付いているほかバックテンションの調整が可能です。また、タワーヤードのような半自動運転を含め、荷掛手と荷おろし手がそれぞれ無線操作することができるため、2名作業が可能になり、作業の効率化と安全性を確保することができます。

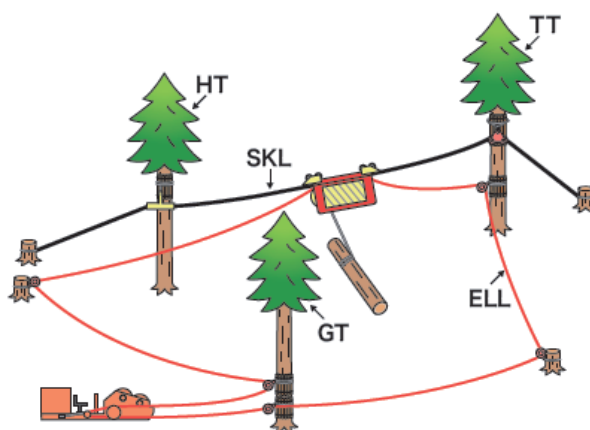


Point !

集材機と高性能搬器の組合せにより、集材範囲の狭い場所での架線集材を効率化

集材範囲が狭い場合における架線集材については高性能搬器を用いることで効率化することができます。

例えば、巻上索内蔵型搬器をエンドレス索で走行させる方法があります。この方法は、荷掛手が無線で巻上索を操作できるようになるため、安全に作業を行うことができます。また、少ない作業索で架設ができ、架設・撤収作業も効率化することができます。

**Point !**

ラジコン式自動荷外しフックで荷掛け・荷おろしの時間が短縮

ラジコン式自動荷外しフックは、荷掛けしたスリングを無線操作により自動で荷外しできる器具です。荷おろし作業にかかる手間を削減できるため、集材作業の効率化を図ることができるほか、荷おろし作業による災害を回避できるため、安全性が向上します。

タワーヤード等で上げ荷集材を行う場合は、荷外ししたときに、材が滑り落ちてしまうことがあるので、ハーベスタ等で材を掴んでから外すことで、材の滑落を防止することができます。また、複数本荷掛けした場合は、滑落防止柵の活用も効果的です。

エンドレスタイラー方式のように集材距離が長く、複数の材を一度に集材する場合では、荷掛手に待ち時間が発生するため、複数のスリングロープを活用し、造材している間に、荷掛け作業を進めます。



ラジコン式自動荷外しフック



滑落防止柵

Point !

山土場や道路端に材を集めてプロセッサ等で造材

架線集材で、集材距離が短い場合は、次々に集材されてくるため、造材作業に時間がかかると集材作業の待ち時間が生じます。これを避ける方法として、架線で集材した材を荷外しする際に、グラップルで掴んで、そのまま広い山土場や道路端に集積した後にプロセッサ等で造材する方法があります。また、集材作業が待たない程度に造材できるように荷掛けする量を調整して、工程間のバランスを取るといった方法もあります。



6-4 運材の効率化

Point !

ストックヤードの確保や大型トラック等が入れる道が必要

伐倒し集造材された木材は、フォワーダ等で山土場に集められ、そこでトラックに積み込まれてストックヤードや原木市場、製材工場等へ運ばれていきます。このため、山土場からの運材作業が滞ると、集材作業が止まってしまうため、運材の効率化が重要です。

一度に大量の材を運搬するためには、大型トラックやフルトレーラ等を活用すると効果的です。また、山土場からストックヤードを経由して製材工場等へどのように運べば効率的であるかは、運送距離や積み替えの有無、トラックの大きさ、1日のトラックの回転数などに留意して検討する必要があります。

