

## 第6章 タワーヤードによる架線作業

タワーヤードによる架線作業についても、集材機の場合と同様に、路網の配置状況等の作業条件に応じて、最も適した索張り方式を採用します。日本には、様々な機械メーカーのタワーヤードが導入されていますが、大まかな架線作業の流れは、次のようになります。

### タワーヤードの架線作業

#### ①準備作業

歩道の作設、支障木の伐採、タワーヤード及び器材の点検・準備、搬入、据え付け等

#### ②支柱・アンカーの作設

タワーの設置、先柱の作設、中間サポートの設置

#### ③架設作業

リードロープの引き回し、作業索・主索の引き回し・張り上げ、試運転と点検

#### ④集材作業

作業開始前の点検、伐倒作業、荷掛け作業、集材作業、荷下ろし作業

#### ⑤撤収作業

主索・作業索の撤収、支柱等の解体

### 6-1 準備作業

#### (1) 歩道の作設

Point 1

架設・撤収の繰り返しに対応できるルートを確認

集材機による架線作業と同様に、先柱の作設等で使用する器材の運搬や急傾斜地での集材作業の通り道として歩道が必要です。なお、タワーヤードの場合は、架設・撤収を繰り返しながら集材作業を行うので、全体の作業工程を考慮し、複数の先柱に移動できるルートを確認します。

#### (2) 支障木の伐採

Point 1

中間サポートに使用する立木を伐採しないように注意

架設・撤去・集材作業の支障となる立木やかん木を伐採しますが、伐開する幅はできるだけ狭くすると共に、中間サポートとして使用する立木を伐採しないように注意します。

### (3) タワーヤード及び器材の点検・準備

Point 1

所有している機種の構造に応じて点検・整備

集材機による架線作業と同様に、ブロック類やワイヤロープも点検し、注油します。また、タワーヤードについては、機種により構造が異なるため、メーカーの取扱説明書により点検・整備を実施します。

#### 一般的にタワーヤードに搭載されている主な装置

ドラム、タワー、アウトリガー、センターリガー、油圧発生装置、オイルクーラー、タワー起伏装置、ターンテーブル、制御盤、ガイライン用ドラム、滑車等

### (4) タワーヤードの搬入

日本に導入されているタワーヤードのうち、大型機種はトラック搭載型、小・中型機種は、クローラ搭載型や牽引型となっています。それぞれの機種によって搬入方法についての確認事項が異なります。

#### ア トラック搭載型

Point 1

離れた現場への移動は容易であるが、林業専用道のような堅固な構造の路網が必要

トラック搭載型のタワーヤードは、公道を自走することが可能であり、離れた現場への移動が容易です。しかし、機械質量が20tを超える大型機種となることから、集落の狭い道、橋梁、踏切、トンネルといった既設路網の確認を十分に行う必要があります。また、林内路網については、林業専用道のような堅固な構造の路網が必要となります。



トラック搭載型を搬入するための路網

## イ クローラ搭載型

Point 1

フォワーダと同様に、森林作業道の走行が可能

クローラ搭載型のタワーヤードは、日本製の小型や中型の機種で、公道での自走はできないのでトレーラー等での運搬が必要です。林内路網については、不整地でもフォワーダと同様に走行が可能なることから森林作業道の走行も可能です。なお、機種によってサイズが異なるので、幅員等路網の状況を確認する必要があります。



クローラ搭載型を搬入するための路網

## ウ 牽引型

Point 1

牽引する機種が走行できる路網であるか確認

牽引型のタワーヤードは自走できないので、牽引するための機械が必要となります。

また、牽引したまま、公道を走行できないのでトレーラー等での運搬が必要です。

林内路網については、牽引する機種により、走行が可能な縦断勾配や幅員等が異なることから、走行可能な路網であるか確認する必要があります。また、走行中は、横断排水等の凹凸部で牽引接合部分が路面に接触しないか注意するほか、下り勾配での牽引走行が多い場合等では、必要に応じて、タワーヤード側にもブレーキの搭載を検討します。

牽引するための車両の選定については、日本では、トラクタやホイールローダ、フォワーダ等様々な機種がありますが、欧州では、林業用のトラクタによる牽引が一般的で、牽引した後は、スキッドとして道端の集材等に利用します。



牽引に使われるホイールローダ



追加されたエアブレーキ用コンプレッサ

## (5) タワーヤードの据え付け

Point 1

全てのリガーを接地させ、タワーヤードを水平にする

タワーヤードは、設置場所に搬入した後、アウトリガーやセンターリガーにより水平になるよう設置します。

タワーヤードにブレーキをかけ、車止めを用いて停車させます。全てのアウトリガーやセンターリガーの接地部に、重量に耐えられる強度のある鉄板や丸太等を敷き、接地部分との高さを調整します。そして、全てのアウトリガーやセンターリガーに重量がかかるようにします。なお、アウトリガーやセンターリガーの数は機種によって異なります。



丸太と鉄板によるリガーの調整



車止めの使用と丸太によるリガーの調整



## 6-2 支柱・アンカーの作設

タワーヤードによる架線集材を行う場合には、主に、タワーと先柱及びアンカー、必要に応じて中間サポートの設置が必要になります。先柱やアンカーの作設方法は集材機による場合と同様です（先柱やアンカーの作設方法は第5章を参照）。

### (1) タワーの起立

Point 1

先柱と正対させるとともに、直立具合をアウトリガー等で調整

タワーヤードを設置した後、タワーを起立させるとともに、ターンテーブルを回転させ、先柱と正対し固定します。また、水準器等によりタワーの直立具合を確認し、必要に応じてアウトリガー等により直立になるよう調整します。なお、ドラムと向柱が一体化したタワーヤードでは、フリートアングルは関係なく、集材方向は、多くの機種が周囲360度の方向に対応しています。

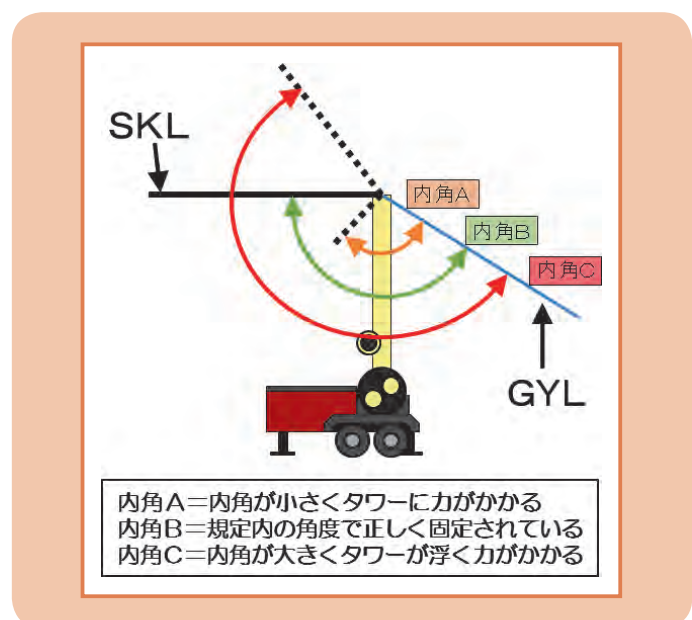
### (2) ガイラインの設置

#### ア 主索とガイラインのなす角度

Point 1

タワーのガイラインは、機種により規定された角度で設置

タワーヤードは主索ドラムを搭載していることから、主索のアンカーが無く、後方角が存在しないため、力は常に前方に働きます。したがって、ガイラインは常に後方に張ることになります。なお、主索とガイラインのなす角度が小さくなると、タワーヤードを押しつぶそうとする力がかかり、角度が大きくなるとタワーヤードを浮き上げる力が発生し、それぞれ、タワーヤードの破損につながります。このため、機種により規定された主索とガイラインのなす角度の範囲内でガイラインを設置しなければいけません。



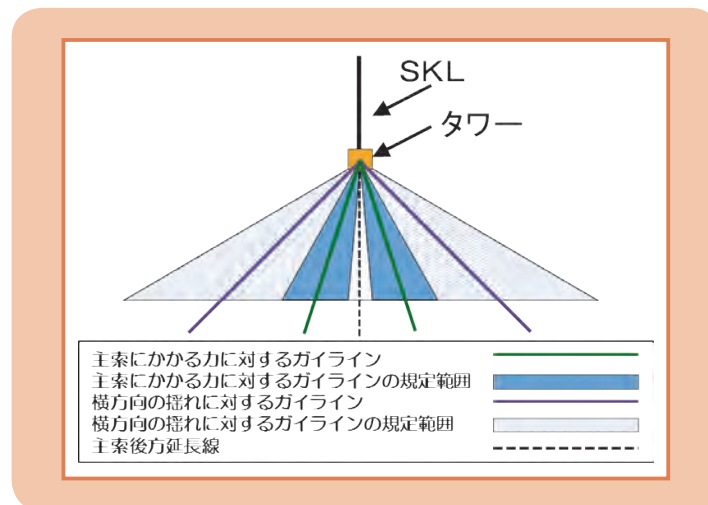
## イ ガイラインの角度

Point 1

主索後方の延長線の左右に、機種により規定された角度で均等配置

タワーヤードのガイラインは、機種により本数などが異なりますが、近年日本に導入されているタワーヤードは4本のガイラインにより固定する機種となります。

ガイラインの方向については、全てのガイラインで主索の力や横方向の揺れに対応していることから、主索後方延長線の左右に均等配置します。また、機種により規定されたガイラインの角度の範囲内でガイラインを設置しなければいけません。



## ウ ガイラインの固定

Point 1

シャックルとラウンドスリング等により簡単にガイラインを固定

ガイラインは、集材機による架線作業での支柱作設と同様に、できるだけ大径の立木や根株に固定することとし、必要に応じて添え木等による補強や当て木により保護します。タワーヤードに搭載されているガイラインの先端は、シンプル入りロック加工されているため、シャックルとラウンドスリング等により簡単に根株等に固定できます。



ラウンドスリングでガイラインを固定

ガイライン用のドラムが搭載されており、簡単に均等に引き締めることが可能

ガイラインの引締めは、ガイラインのドラムを巻いて張り上げます。タワーヤードのガイライン用ドラムは、ドラムに直接張力がかからないよう2つに分かれており、張り上げの最後の段階で、ワイヤロープをサイドドラム側に入れて巻込みます。圧力計を確認し、複数のガイラインの張力を調整しながら引き締めます。このため、それぞれのガイラインにかかる張力を確認しながら、均等に張り上げることができます。



ガイライン用引締め作業



ガイライン用ドラム（大型タワーヤード）

### （3）先柱やアンカー等の作設

ラウンドスリングやラッシングベルトを用いて主索をアンカーに固定

集材機による架線作業での先柱やアンカーの作設と同様に、大径の立木や根株を選定しますが、強度が不足すると思われる場合には、添え木で補強し、必要なブロック類やガイラインを取り付けます（第5章参照）。

タワーヤードに搭載されている主索については、ガイラインと同様にシンプル入りロック加工されているため、ラウンドスリング等で主索をアンカー固定し、アンカーラインの代わりにラッシングベルトを用いることで簡単に固定できます。



シンプル入りロック加工された主索



ラウンドスリング等で主索を固定



#### (4) 中間サポートの作設

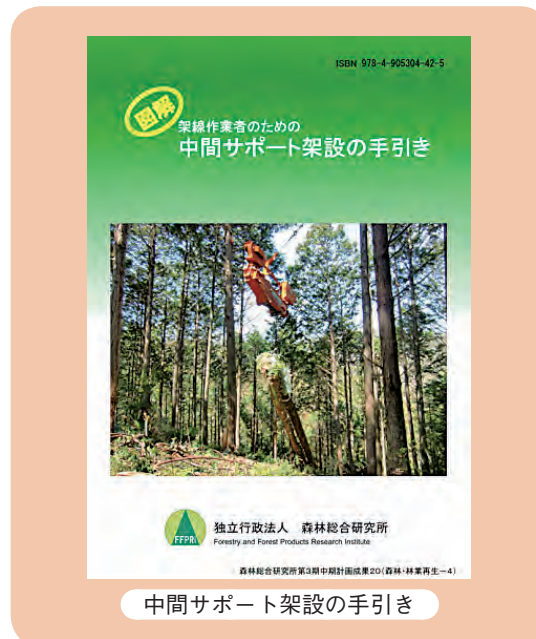
Point 1

タワーヤードの性能を生かすためには中間サポートの作設技術が必須

中間サポートは、タワーヤードが持つ本来の性能を発揮させるために必要です。タワーヤードには、主に4種類の中間サポートがあり、それぞれ、地形に応じて使い分けなければなりません。このため、それらの作設方法を習得する必要があります。

タワーヤードで用いる中間サポートの設置については、独立行政法人森林総合研究所で作成した「中間サポート架設の手引き」があります。それを参考に作設技術を習得することもできます。

この資料は、独立行政法人森林総合研究所のHP (<http://www.ffpri.affrc.go.jp>) からダウンロードできます。

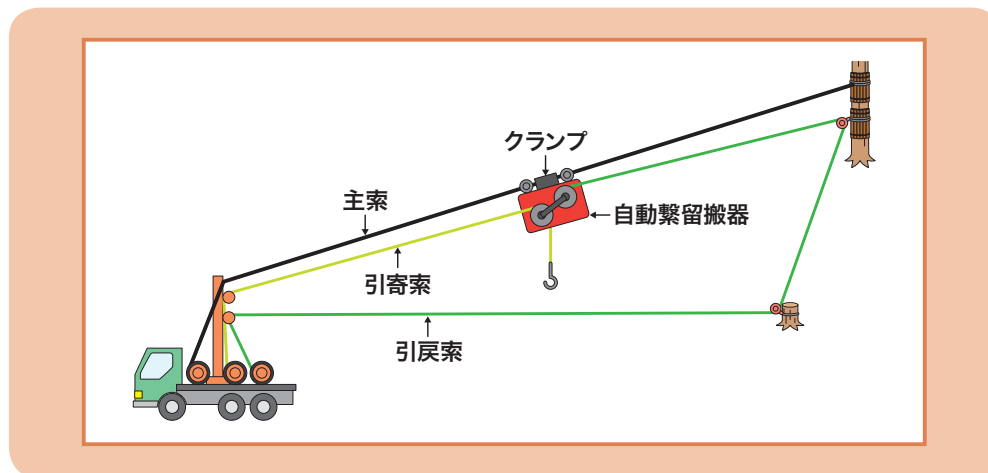




### 6-3 架設作業

欧州では、一般的にタワーヤードを山側に設置した、上げ荷集材でのスナビング方式が基本とされます。一方、日本では、沢沿いに林道が整備されていることが多く、タワーヤードを沢沿いの林道端に設置した、下げ荷集材となる考えられます。

このことから、ここでは、自動繫留搬器と2本の作業索（引寄索及び引戻索）を用いた方式がとられており、その架設手順をマスターしておく必要があります。なお、搬器の機種等が異なると、架設手順が異なる場合があります。



#### タワーヤードの架設作業（自動繫留搬器と2本の作業索を用いた場合）

- ① リードロープの引き回し
- ② 主索・作業索の引き回し
- ③ 主索の固定と搬器の組み付け
- ④ 主索の張り上げ
- ⑤ 各部の点検と試運転

## (1) リードロープの引き回し

Point 1

リードロープの引き回しが困難な場合は、エンドレスドラムを有効利用

基本的に、主索や作業索の引き回しは、タワーヤードに搭載されているリードロープを使います。下げ荷集材の場合、タワーヤードのドラムに巻き込まれたリードロープを、人力で引き出しながら、先柱で折り返すこととなります。このため、リードロープを繊維ロープのような軽量のものを用いると効率的です。

また、リードロープの巻き取り用のエンドレスドラムを搭載している場合は、集材機と同様の作業を行います（集材機によるリードロープの引き回し作業は第5章を参照）。



リードロープに繊維ロープを利用

## (2) 主索・作業索の引き回し

Point 1

主索は、アンカーへの固定に必要な長さを確保して引き回す

主索や作業索の引き回しは、「リードロープ」⇒「引戻索」⇒「主索及び引寄索」⇒「引寄索で引戻索を戻す」の順になります。

- ① リードロープと引戻索を素輪（ソワ）で連結し入れ替えます。
- ② 引戻索で主索及び引寄索を引き回しますが、主索はアンカーに固定するために必要な長さを確保し、連結バース等を用いて引戻索に固定します。また、引寄索は、先山で主索を外した後に、引戻索を土場等の搬器を取り付ける場所まで戻すために利用します。
- ③ 主索を引き回し、先柱付近に固定したならば、引戻索と引寄索を素輪（ソワ）で連結し、土場まで、引き回します。

### (3) 主索の固定と搬器の組み付け

先柱付近に引き回した主索をアンカーに固定します。アンカーへの固定方法は、ラウンドスリング等を用いて行います（第6章 6-2参照）。

主索を固定した後、引寄索で引戻索を土場等に引き回し搬器を組み付けます。搬器に作業索を組み付ける作業は、搬器の機種により組み付け方法が異なります。

### (4) 主索の張り上げ

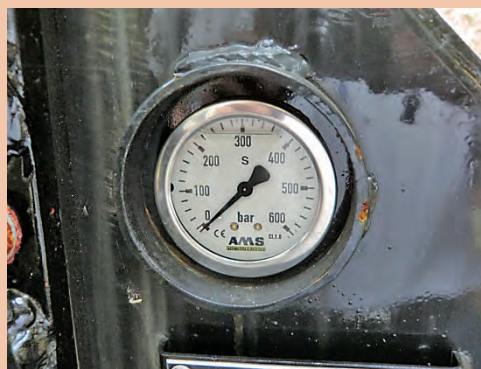
Point 1

圧力計を確認しながら張り上げる

主索や作業索のドラムを巻いて張り上げます。主索用ドラムは、ガイライン用のドラムと同様に、圧力計を見ながら張力を調整します。また、ドラムに直接張力がかからないよう、張り上げの最後の段階で、ワイヤロープをサイドドラム側に入れて巻込みます。なお、主索が張り上がるにつれて、搬器が暴走する恐れがあるので、搬器はロープ等で固定するか、作業索の張力を同時に調整しながら張り上げます。



タワーヤードの主索用ドラム



圧力計

地形の状況や障害物がある場合、重い搬器等を利用する場合等に無理な張力で張り上げようとするとうタワーヤードが破損する恐れがあるので、中間サポート等の利用を検討します。中間サポートを使用する場合は、中間サポートを作設するときに、中間支持金具に主索を乗せておき、その後主索を張り上げます。



中間サポートの使用

## (5) 各部の点検と試運転

Point 1

集材機と同様に主索の安全率の検査を行うと共に、試運転により各部を点検

集材機による架設作業と同様に、架設終了後に各部の点検と試運転を行います。

試運転については、設計荷重より軽い荷を吊って行い、各部を点検します。使用する搬器が、走行滑車の回転により油圧等を発生させる方式の場合は、空荷で数回走行させ、必要な動力が搬器に貯留されたのを確認してから試運転を始めます。試運転を行った結果、必要に応じて調整を行い、再点検した後に、集材作業を開始します。

### 主な点検項目

- ・タワーの直立性
- ・タワーヤードの向き
- ・アウトリガーの効き方（浮いていないか等）
- ・ガイラインの張り方（緩んでいないか等）
- ・主索の張力検定
- ・作業索の状態（作業索同士やブロックとの擦れ具合、交差していないか等）
- ・タワーヤード本体の状態（エンジン制御系統等）
- ・搬器の状態（無線操作の状態等）
- ・アンカーの状況



## 6-4 集材作業

### (1) 作業開始前の点検

タワーヤードの場合も集材機と同様に、集材作業を行う前に点検を実施し、異常を認めたときは、補修又は取り替えてから作業を実施します（集材機による作業開始前の点検については第5章を参照）。

### (2) 伐倒作業

Point 1

残存木を傷つけないように横取りできるように、伐倒方向を調整

伐倒作業は、集材機の場合と同様に、残存木を傷つけないように行うとともに、次の工程である集材作業で伐根が障害とならないようできるだけ低く伐り、必要に応じて伐根の面取りを行います。また、人力を基本に横取りを行うので、荷掛け手の負担を少しでも軽減する方向に伐倒します。

伐倒方向は、架線及び集材方向とは反対の一定の角度に伐倒することにより、元口に荷掛けが行いやすいだけでなく、土場に元口を引き寄せることになるので、プロセッサ等を用いた集材作業も容易になります。

#### 伐倒方向

- ・集材方向（上げ荷・下げ荷）の逆方向：上げ荷の場合は下方、下げ荷の場合は上方
- ・伐出方法（全木・全幹・短幹）：先山で玉切り等を行う場合は横方向
- ・効率的に横取りし易い角度：上げ荷の場合は斜め下方、下げ荷の場合は斜め上方

急斜面や立木の傾き等で、架線下とは反対方向への伐倒が難しい場合には、先掛けとなる方向への伐倒も可能です。ただし、全木集材時に先掛けを行った場合には、以下のような不具合が生じる可能性がありますので、搬器走行速度を遅くするなどの十分な注意が必要です。

#### 先掛けする場合の注意点

- ・梢端部が邪魔をして荷掛けが難しい
- ・横取りが制御しにくく、間伐では残存木への損傷が起きやすい
- ・集材木が搬器に近寄る際に、枝葉や梢端部が搬器に接触する
- ・搬器走行時に中間サポートに枝葉や梢端部が差し込む
- ・プロセッサと元口の距離が遠くなり、造材が行いにくくなる

### (3) 荷掛作業

Point 1

繊維ロープを利用して、横取りの負担を軽減することが可能

タワーヤードによる荷掛作業は、基本的に人力で横取りを行うこととなりますが、集材機の場合と同様に退避場所を確保するとともに、安全な荷掛作業を行います（第5章参照）。

架線高が高いほど、荷上索がより垂直に近い状態で降りてくるため、荷掛け手が荷上索の重量を水平方向に運ぶ負担が軽減され運び易くなります。しかし、ワイヤロープの荷上索では、人力による横取り距離は左右片側15m～25m程度が限界となります。

高性能搬器等に内蔵された巻上用ドラムに、軽量の繊維ロープを取り付けて利用することにより、荷掛け手の労働負担が減るだけでなく、横取り時間が短縮されるほか、より長い距離の横取り作業が可能となります。



荷掛作業の状況

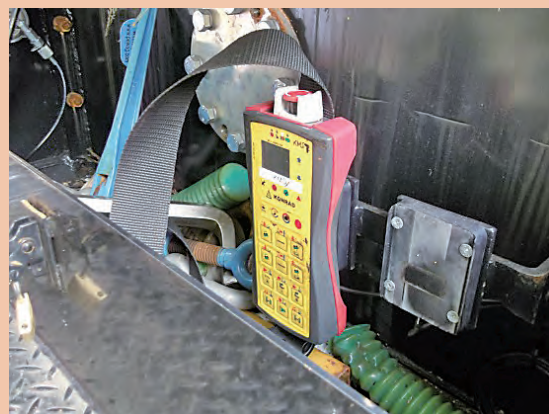
### (4) 集材作業

#### ア 基本的な集材作業

Point 1

半自動運転により効率的で安全な集材作業を実施

集材作業は、先山の荷掛け手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作業する中で、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・停止させることもできる、半自動運転で行います。このため、荷掛け手が安全な場所から集材木の動きを見ながら搬器の操作を行うことが可能となります。



集材作業で用いるリモコン

### 地曳き集材により、集材木の動きを制御

タワーヤードで集材作業を行う場合は、少し地曳きとなるようにすることで、集材中に材が暴れなくなります。タワーヤードは、容易に主索の高さを調節できるため、地形に合わせて主索の張力を調整しながら、主索を集材機の高さと同じくらいになるように張り上げることが可能なので、試運転を行いながら、最適な垂下比となるように調整することができます。

また、伐根等の障害物の影響等でオーバーテンションがかかると、主索や作業索のドラムが止まる構造となっています。

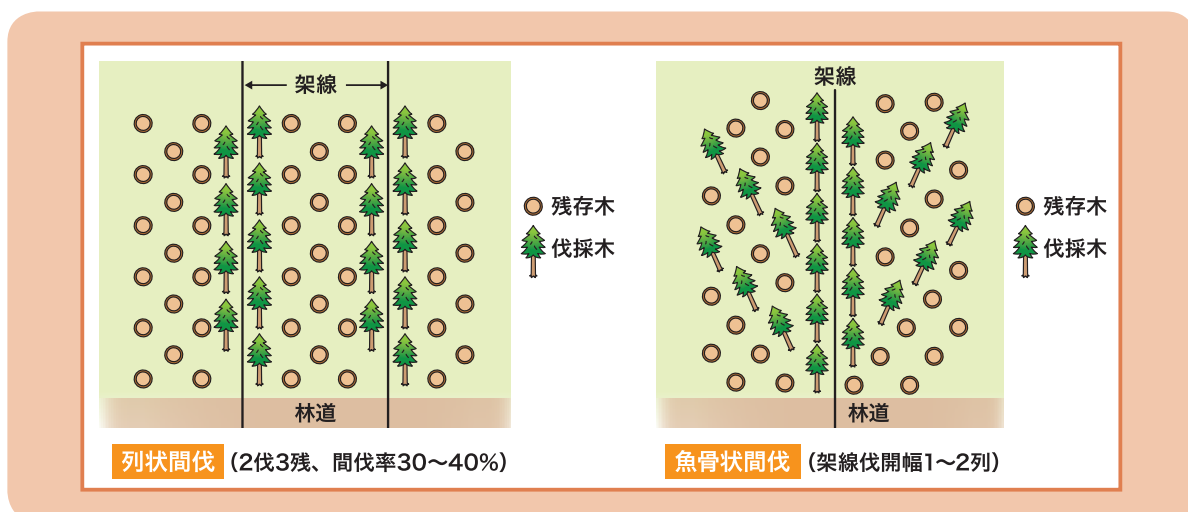
## イ 間伐での集材作業

### タワーヤードでは主に魚骨状間伐による横取り作業を行う

間伐を行う場合でも全木による集材を基本とします。また、列状間伐や魚骨状間伐のような残存木の間の横取りを人力で行うことから、伐倒や荷掛けの際に、安全性と効率性を確保するため、より細心の注意と高度な技術が求められます。

また、現地の状況等によっては、先山造材を伴う列状間伐を行う場合もあります（第3章参照）。

列状間伐と魚骨状間伐の作業上の違いは、主に間伐列数と移設頻度にあります。魚骨状間伐では、主索線下の伐採幅を最小限とし、そこから横取り作業を行うことで、定性間伐に近い間伐を実施することができますが、より高度な技術が必要となります。



## Point 1

## 犠牲木や添え木を利用して残存木を保護

間伐では、特に集材時の残存木への損傷が発生するリスクが高いことから、集材列の方向に正確に伐倒することや犠牲木を事前に設定すること、当て木をすること等により、損傷を最小限に抑えることができます。

犠牲木は残存木の斜面の上方に設定することで、横取り作業で滑り落ちた木から残存木を守ることができます。犠牲木を設定できない場合は、現地で調達した添え木をナイロンロープ等で固定して保護することが可能です。また、設定した犠牲木は、その列の横取り作業が終了した後に、架線から最も離れたものから順に搬出することによって、残存木を傷つけずに犠牲木を集材できます。



当て木での残存木を保護



## (5) 荷下ろし作業

Point i

滑落防止柵等を利用し、荷外しした集材木の落下を防ぐ

タワーヤードの場合は、プロセッサ等のオペレータが、重機に乗ったまま無線によりタワーヤードとラジコン式自動荷外しフックを操作し荷下ろしします。また、タワーヤードは、道路上に設置することが多く、荷下ろしするスペースが非常に狭くなることから、盤台の代わりに滑落防止柵等を利用し、荷外しした集材木の落下を防ぎます。

荷下ろし作業については、基本的に集材機の場合と同様に退避場所を確保するとともに、安全な荷外しを行います（集材機による荷下ろし作業については第5章を参照）。



滑落防止柵を使用した作業

## 6-5 撤収作業

主索や作業索、ガイラインがそれぞれのドラムにつながっていることや油圧制御により張り上げているため、タワーヤードの撤収作業は、集材機と比較して非常に安全で簡単です。

### タワーヤードの撤収作業

- ① 搬器の取り外し
- ② 主索、作業索、ガイラインの撤収
- ③ タワー及びアウトリガー・センターリガーの収納
- ④ 支柱等の解体

#### (1) 搬器の取り外し

搬器を土場等の上に移動させ、搬器を自身のクランプで主索に固定します。そして、主索と作業索も緩めて、搬器を地上に下ろします。主索や作業索が完全に緩んだ後に搬器を取り外します。また、主索や作業索を緩めるときにタワーヤードのガイラインも緩めます。

#### (2) 主索、作業索、ガイラインの撤収

主索やガイラインを、先柱のアンカーやスタンプ等から取り外している間に、作業索を巻き取り、撤収します。アンカーやスタンプから主索やガイラインが外されたならば、それぞれ巻き取り撤収します。なお、基本的にワイヤロープを巻き取るときは、引締め用にサイドドラムに移動させた部分を元のドラムに戻し、それぞれのドラムを回転させて巻き取ります。

#### (3) タワー及びアウトリガー・センターリガーの収納

全てのワイヤロープを撤収した後に、タワーを収納し、アウトリガー及びセンターリガーを収納します。

#### (4) 支柱等の解体

先柱は、主索をアンカーから取り外し、巻き取っている間に、サドルブロックやラウンドスリング等を取り外し解体します。先柱作設に使用した器材については、タワーヤードまで運んで撤収するか、次に張り替える場合は、新しい先柱の位置まで移動し、次の作業に備えて先柱作設の準備を行います。