

第1章 架線集材の必要性と架線系作業システムの動向

1-1 日本林業の課題

Point 1

架線系作業システムによる効率的な施業方法の確立が課題

我が国の森林資源は、高齢級の森林が増えており、資源として本格的な利用が可能な段階となっています。このような森林資源の循環利用を図るとともに、森林の有する多面的機能を維持・向上させるための森林整備や持続的な林業経営を進めていくには、生産体制等の整備が重要となります。これまで、路網整備や高性能林業機械の導入・改良等による生産体制等の効率化が進められてきましたが、今後は、路網整備が比較的困難な奥地林の急傾斜地における間伐や皆伐、再造林等の森林施業も必要となることから、架線系作業システムによる効率的な施業は避けて通れない課題といえます。

■人工林の齢級別面積



資料：林野庁業務資料(平成24年3月31日現在)

注1：齢級(人工林)は、林齢を5年の幅でくくった単位。苗木を植栽した年を1年生として、1～5年生を「1齢級」と数える。

注2：森林法第5条及び第7条2に基づく森林計画の対象となる森林の面積。

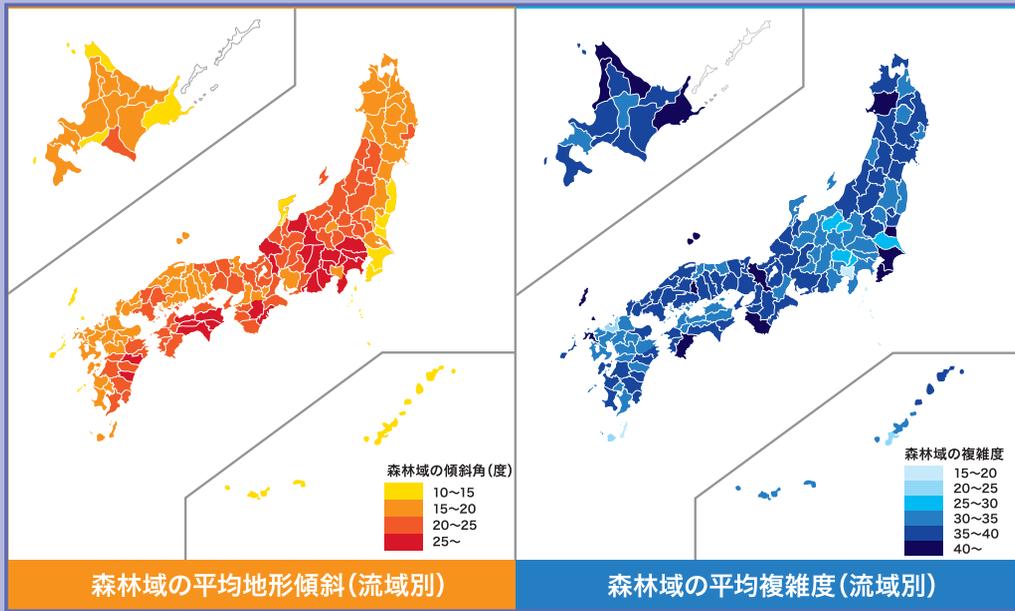
(1) 架線集材の必要性

Point 1

地形が急峻で複雑な地域では、架線系作業システムが必要

日本の森林域の平均地形傾斜は20.9度であり、森林の多くが傾斜地に分布しています。流域別に見てみると、中部、近畿南部、四国、九州南部に急傾斜地が多いことがわかります。また、地形の入り込み具合を示す指標である複雑度を見てみると、近畿南部や四国で値が高く、尾根や谷が入り組んだ複雑な地形が多いことがわかります。

これらの地域では、特に、路網整備が困難であると考えられることから、架線系作業システムによる効率的な集材の必要性が高いと言えます。



(2) 人材育成の必要性

Point 1

熟練技能者の高齢化等により、索張り技術を有した人材が不足

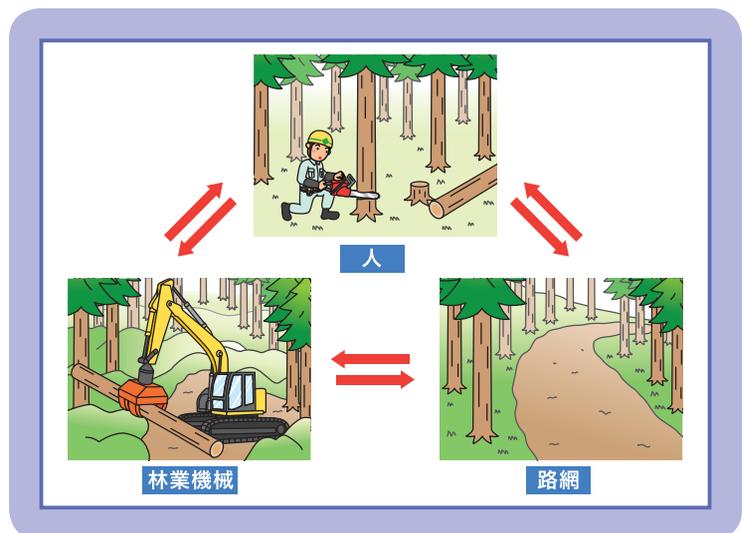
昨今、急峻な地形により路網作設には限界があることから、従来の集材機を用いた架線集材が見直されてきていますが、集材機による集材作業は、近畿や四国、九州の一部で実施されているものの、多くの都道府県ではほとんど実施されておらず、林業架線技術を有する熟練技能者も高齢化が進むなど、索張り技術を有した人材が不足している状況です。

Point 1

架線技術の向上と地域に応じた作業システムを選択できる人材の育成が必要

森林施業を実施するためには、人・路網・林業機械の適切なつながりをもつ必要があります。効率的な作業システムを導入するためには、高性能林業機械を導入するだけでなく、林業架線技術等を有する技能者の育成と路網整備をバランス良く実施しなければいけません。

このうち、林業架線技術の技能者を育成するためには、熟練技能者からの技術の継承等のほか、生産性やコスト等についての知識の習得とともに、現地の状況に応じた路網の開設可能性や作業システムを選択できる人材の育成が必要です。



1-2 架線系集材機械の動向

(1) 架線系作業システムの現状

Point 1

皆伐では集材機、間伐ではスイングヤーダによる集材が主流

架線系作業システムとは、集材に架線を利用する集材機やタワーヤーダ、スイングヤーダとプロセッサといった高性能林業機械を組み合わせた作業システムです。

現在の架線系作業システムは、皆伐では集材機、間伐ではスイングヤーダによる集材が主流となっていますが、奥地林での施業では、集材機による2段集材、小面積皆伐や間伐では、日本製の自走式搬器による集材等も実施されています。



集材機を利用した皆伐作業



欧州のタワーヤーダを利用した間伐作業

Point 1

架線系集材機械の保有台数は、スイングヤーダのみ増加

平成24年度における、架線系集材機械の保有台数を見ると、集材機は大型・小型を合わせて約9,000台となり、他の林業機械と比較して非常に多いことが分かります。平成12年度と比較した増減率を見ると、スイングヤーダは増加しているものの、集材機やタワーヤーダは減少しています。

(単位：台)

区分	平成12年度 (2000年)	平成17年度 (2005年)	平成22年度 (2010年)	平成24年度 (2012年)	増減率 ^{※2} (%)
集材機	15,538	11,469	9,318	8,815	▲ 43.3
タワーヤーダ	190	174	148	143	▲ 24.7
スイングヤーダ	134	340	708	810	604.5

※1 国有林野事業で所有する林業機械を除く。

※2 平成12年度（2000年）と比較した増減率

架線系集材機械の増減理由

【集材機の減少理由】

- ・間伐の増大、皆伐の減少

【タワーヤーダの減少理由】

- ・タワーヤーダを導入できる路網の整備不足
- ・国産機は直引力などが低く大径木への対応が困難
- ・中間サポートの利用技術が不十分
- ・価格が比較的高価
- ・メンテナンスが難しい
- ・狭い土場での作業やフォワーダ等での小運搬による集材木の停滞
- ・ガイライン設置個所の確保が困難

【スイングヤーダの増加理由】

- ・ベースマシンがバックホウであることから、架線集材以外に他の作業でも利用可能
- ・一部の機種では、無線操作による集材が可能
- ・主索を用いない簡易な索張り方式（ランニングスカイライン方式等）に対応しており、架設・撤収が容易
- ・非主索型の索張り方式で地曳き集材を行う場合は、林業架線作業主任者の資格がなくても実施可能

(2) 最近の架線系集材機械

Point 1

大径木の集材、作業の省力化等に対応した機械等の開発・改良・導入の促進

近年は、架線系作業システムの現状を踏まえた上で、様々な集材機械や機器の開発・改良・導入が進められており、大径木の集材への対応や安全性の向上・労働強度の軽減、無線操作等による作業の省力化等が図られています。

開発・改良・導入が進められている主な集材機械・器材

油圧式集材機、主索巻き取り機、タワーヤーダ、高性能搬器、スイングヤーダ、繊維ロープ、ラジコン式自動荷外しフック

ア 油圧式集材機

日本で行われている集材機による架線集材は、操作が煩雑である等から専属の作業員が必要であることや急傾斜地で横取りする際に、人力でチョークフック等を持って、急斜面を横に移動するという危険な重労働が伴う状態にあります。このため、機械操作が容易であり、横取り作業の安全性を考慮した3胴式の

エンドレスタイラー方式にも対応できる、完全油圧式集材機の開発が進められています。また、従来型集材機の動力源をトラクタ等の油圧ポンプから得る構造の油圧式集材機も開発されています。

完全油圧式集材機の操作性

- ・油圧を電子制御することにより、2本のジョイスティックで2つのドラムを独立操作
- ・インターロック機構により、レバー1本の操作で2つのドラムを同調操作
- ・ボタン1つで引戻索と荷上索のインターロック作動時の張力を調整
- ・ジョイスティックから手を離すと、ウインチの動きが自動的に停止する等のフェイルセーフ機構の装備
- ・林内作業者と土場作業者間の無線による半自動運転機能も開発されており、集材機の操作者が不要となり、生産性・安全性が向上



完全油圧式集材機



油圧式集材機（写真の動力源は外国製トラクタ）

イ 主索巻き取り機

架線集材のネックとなる架設・撤収作業のうち、特に重労働で危険な作業である主索の架設・撤収作業にかかる時間を短縮するとともに安全性を向上させるために、主索巻き取り機が開発されています。本機は、本体とドラムを分割できるため、主索を巻き取った後は、ドラムを外して保管することができます。また、別のドラムに主索を巻き替えることで、集材で使用する主索部分を変えることもできます。



主索巻き取り機（エンジン部分）



主索巻き取り機（ドラム部分）

ウ タワーヤード

タワーヤードについては、路網整備や中間サポートの利用技術が不十分であった等の理由から定着しませんでした。近年は、森林資源が成熟しつつあり、大径化した木材を引き上げることができるタワーヤードと路網整備を組み合わせた作業システムの導入が進められています。

欧州製のタワーヤードは、牽引型やトラック搭載型といった様々な機種があります。なお、トラック搭載型には、タワーの隣にハーベスタを搭載したコンビマシンと呼ばれる機種もあります。

現在、日本では、欧州製のタワーヤードを改良するとともに様々な高性能搬器と組み合わせた集材方式の導入が進められています。このほかに、多様な索張りに対応できる5胴式タワーヤード、3胴式の専用搬器によるランニングスカイライン方式を採用した小型タワーヤードといった機種が開発されています。



欧州製のトラック搭載型タワーヤード



日本製のクローラ型タワーヤード

エ 高性能搬器

タワーヤードの開発・改良と合わせて欧州から様々な高性能搬器が導入されており、いずれも大径木の集材が可能な牽引力を有する機種となっています。また、日本でもこれまで使用されていた自走式搬器以外にローディンググラップル搬器の開発が進められています。高性能搬器を用いることにより、架設・撤収作業の簡易化や無線操作が可能であることから集材作業の効率化や労働強度の軽減、安全性の向上を図ることができます。



欧州の自走式搬器



日本の自走式搬器

欧州と日本の高性能搬器

【欧州の高性能搬器】

- ・自動繫留搬器、巻上索内蔵型搬器、自走式搬器の3種類に分類
- ・タワーヤードや自走式搬器に搭載された半自動運転機能により、搬器の固定、先山の荷掛場所や土場での停止位置、中間サポートの通過時等での減速及び加速等を現場で設定して使用
- ・土場や先山で、リモコン操作できるため、効率性だけでなく安全性も向上

区分	走行	繫留	荷上げ
①自動繫留搬器	集材機械	○	集材機械
②巻上索内蔵型搬器	集材機械	○	○
③自走式搬器	搬器	○	○

- ・自動繫留搬器は、繫留（クランプ）装置の切り替えにより、搬器走行と荷上げを行うもので、搬器の位置がタワーヤードから遠くなった場合に、人力で荷吊り索の末端に取り付けられたフックの誘導が難しくなるため、強制降下機構を搭載した搬器もある



- ・巻上索内蔵型搬器は、タワーヤード等の集材機械で走行させるが、荷上げ作業は、エンジンと荷上索を用いて行うため、搬器の走行と荷の上げ下げを同時にできるので、自動繫留搬器よりも集材作業が容易で、自走式搬器より荷上げの力が強い



- ・自走式搬器は、搬器だけで走行から荷上げ作業まで行うことができるほか、特殊ワイヤによる主索1本で架設が可能であり、架設・撤収が簡単



【日本の自走式搬器】

- ・走行用と巻き上げ用のドラムを搭載し、巻き上げ・走行等は全てリモコンで操作
- ・搭載しているドラムで主索等を引き回して架設・撤収
- ・欧州の自走式搬器と比較して、小型で軽量であるがエンジン出力や牽引力が劣る
- ・路網の規格等からタワーヤードやスイングヤードの導入が困難な場合でも利用可能
- ・現在でも小面積皆伐や間伐で使用
- ・自走式搬器を集材機のように使用することも可能
- ・エンドレスタイラー方式等と組み合わせた使用も可能



【ローディンググラップル搬器】

- ・リモコン操作により、グラップルを操作し直接材を掴むことができる搬器として開発
- ・急傾斜地における荷掛作業者の労働強度の軽減と退避時間の短縮が可能
- ・荷掛け及び荷外しの無人化が図られる



オ アタッチメント式タワーヤーダ

油圧ショベルに取り付けできる、主索及びガイラインのドラムを搭載したタワーとエンドレスタイラー方式のように横取り可能な索張り方式を含めた様々な索張り方式が可能な作業索用の4胴ウインチの開発が進められています。



アタッチメント式タワーヤーダ

カ 主索ウインチ付スイングヤーダ

主索ウインチ付スイングヤーダは、従来のスイングヤーダと同様に、集材距離は100m程度と短距離ですが、バケット部分を地面につけるポストアームタイプであり、従来のスイングヤーダと比較して安定性が向上しています。また、主索だけでなく引寄索、引戻索、荷上索用のドラムを有していることから、主索を用いた索張り方式が可能となり、従来のスイングヤーダによるランニングスカイライン方式よりも容易に横取り作業を行うことができます。さらに、主索や作業索に繊維ロープと専用滑車を用いることで、繊維ロープの耐久性を確保しながら架設・撤収や集材作業の労働強度の軽減を図っています。



主索ウインチ付スイングヤーダ

キ 繊維ロープの使用

繊維ロープは、軽量で屈曲性に優れていることから、人力による横取り作業や架設・撤収作業等での労働負担の軽減に大きな効果があるほか、取扱いが容易であるため、架線集材の作業効率向上等についても期待されます。

欧米での繊維ロープの利用状況

利点としては、同径の鋼製ロープと比較して重量が1/6程度であることから、架設作業の効率化や労働強度の軽減等が図られます。欠点としては、価格が鋼製ロープの3～5倍であることや岩石や滑車等との接触による磨耗や断裂、切断への脆弱性が挙げられています（米国の論文による）。これらのことから、欧米では、高性能搬器の巻上索やガイライン、アンカー及びブロック等の固定等に繊維ロープを利用するのが一般的です。



ガイドラインとして使用された繊維ロープ

ク ラジコン式自動荷外しフック

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、安全性の向上や荷外し作業にかかる人員を削減できるため、集材作業の効率化を図ることができます。

ただし、導入のコストやスリング部分が傷んだ場合の交換等のメンテナンスが必要となります。また、エンドレスタイラー方式では、一般的に、荷掛け者は搬器が戻ってくる間に、予め次の集材木にスリングを掛けることから使用個数が多くなります。さらに荷掛け地点まで、スリングより重量のあるラジコン式自動荷外しフックを人力で運搬しなければならないため、荷掛け者の労働強度が増すことになります。

採用の可否については、作業条件等を十分検討して決める必要があります。

なお、これまでは欧州の製品が普及していましたが、日本の製品も開発されています。

ラジコン式自動荷外しフックの効率性

欧州の実験結果では、ラジコン式自動荷外しフックは通常のチョーカーフックと比較して、集材工程の生産性は10%程度向上するものの、重量が約4倍になることから荷掛け者の労働強度が10%程度増加するという結果も得られています。



欧州製のラジコン式自動荷外しフック



日本製のラジコン式自動荷外しフック