

森林作業システムの効率化

Point !

生産性の向上だけでなく、安全の確保と環境の保全も重要

林業の収益性の向上のためには、作業の効率化を進めて生産性を上げることが必要です。そのためには、機械化の推進や作業工程間の連携、ボトルネックの解消等に取り組むことが不可欠ですが、併せて安全の確保、環境の保全にも取り組むことが重要です。

6-1 伐倒の効率化

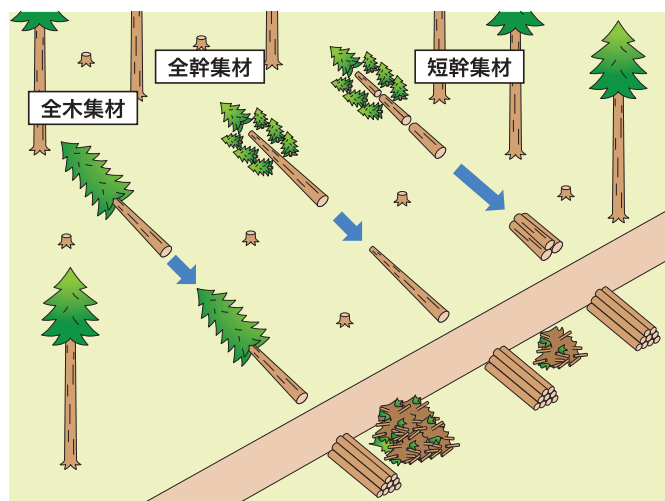
Point !

全木集材は、伐倒作業の安全性と効率性だけでなく、作業全体の効率化に繋がる

伐倒木の集材は、枝葉が付いたまま集材する全木集材と、枝葉を切り落として集材する全幹集材、枝葉を切り落として造材した後に集材する短幹集材に分かれます。

このうち、全木集材は、林内で枝払いや造材作業を行うことが無いいため、安全で効率的な作業を行うことができます。また、枝葉が付いたまま集材し、プロセッサ等を用いて造材作業を行うため、高い生産性を確保することができます。

さらに、造材したときに発生する端材や枝条を作業ポイントに集積できるため、バイオマス用材の収集も効果的に行うことができます。このほか、林内に枝条等が残らないため、再造林での地拵えにかかる作業量を削減する効果も期待できます。



Point !

伐倒の順序と方向を考えて、集材作業との連携を向上させる

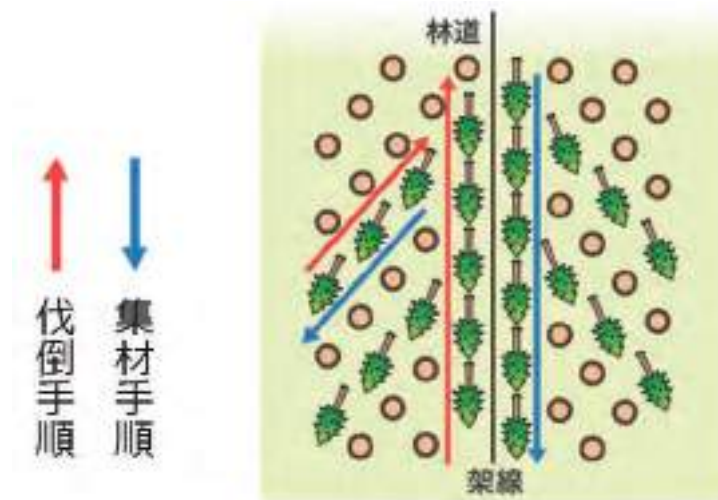
伐倒と集材の連携を高めるためには、集材方法を考慮して伐倒することが重要です。このため、立木の伐倒の順序は、集材の作業効率に大きく影響します。一般的に、一番上にある伐倒木から順番に集材するため、最初に集材する立木を最後に伐倒することで、上から順番に集材できるようになります。

立木の伐倒方向は、傾斜地では横方向または斜め下方向が基本です。架線集材では、荷掛けを元口にするると集材作業との連携が向上するため、できるだけ元口が集材方向に向くように伐倒します。また、伐倒木が重なり合うと、荷掛けがしにくくなるため、少しずつそのような方向にします。

グラップル集材の場合は、元口側だけでなく末口側を掴むこともあります。滑落等で伐倒木にアームが届かなくなってしまうようにすることが重要です。

なお、伐倒の際はクサビ打ちを忘れずに行い、材の滑落を想定して退避場所を確保するなど安全に十分留意する必要があります。

■ 架線集材における伐倒・集材手順《例》

**Point !**

地曳集材の場合は、伐根高ができるだけ低くなるように伐倒

単胴ウインチやスイングヤード等で地曳集材を行う場合は、伐根高が高いとウインチによる集材の際に伐倒木の枝等が引っかかり引き寄せられなくなることがあります。この場合、再度伐根を切る手間等が生じ、作業効率が低下する原因となります。これを避けるには、最初から、伐根高をできるだけ低くして伐倒することが必要です。

6-2 車両系作業システムの効率化

Point !

林内走行するシステムとしては CTL や WT が挙げられる

ハーベスタとフォワーダを林内走行させて短幹集材を行う CTL システムで生産性を向上させるためには、ハーベスタとフォワーダのオペレータが十分に情報を共有するほか、フォワーダの積込み作業を効率的に行うことができるように造材を行うなど伐倒と運搬の連携を向上させること等が必要です。

CTL システムのほかに、クラムバンクスキッド等を活用して全木集材を行う WT(Whole Tree)システムがあります。ハーベスタ付きクラムバンクスキッドは、1 台で伐木・造材・集材を行うことができますが、稼働中はどちらかの機能が停止することになります。なお、元口吊りで地曳集材を行えば、梢端がクッションとなって路面はそれほど掘れませんが、軟弱土壌では枝条を敷くなどします。



Point !

林内走行する場合も、路網整備と地形に応じた林内走行路の選定が重要

林内走行による効率的な木材生産を行うためには、林内走行を想定した林業専用機を用いるだけでなく、機械を斜面に沿い等高線に対して垂直に走行させることが安全面でも効率面でも有利です。このため、植栽するときから木の配列を考える必要があるほか、路網を整備して、地形等に応じた林内走行路の選定を行うことが重要です。

地形勾配は 30% (約 20 度) 程度までが適していると考えられますが、急傾斜地に対応するため、機械の走行と同期するアシストウインチを使用する試みも見られています。土壌支持力が低い場合や林床植生が攪乱に弱い場合は、土壌保護の観点から、林内走行型のシステムの適用は避けます。



アシストウインチ

Point !**ロングリーチグラップルやロングリーチハーベスタにより集材範囲を拡大**

集材の際に、路網からグラップルやハーベスタで届く範囲を広くすることができれば、集材の作業効率が良くなり生産性向上に繋がります。このため、グラップルやハーベスタ等のアームをロングリーチにすることで、機械の作業半径が大きくなり、集材範囲を広げることができます。

ただし、ロングリーチのアームを伸ばしきった状態で作業すると、車体の重心との関係から不安定になる場合があるので注意が必要です。このため、例えば、性能上は10m 伸びるとしても、材の重さや車体の姿勢によって安全に作業ができるように5~7m 程度の範囲で使うようにします。

**Point !****材の根元をハーベスタ側に向けて集材するとともに、造材するための作業ポイントを確保**

集材と造材の連携を高めるためには、ハーベスタ等で造材しやすいように集材する必要があります。

ハーベスタ等で造材をする場合、材の根元側を掴んで造材します。このため、例えば、材の根元側が路網にかかるように集材することで、造材作業が効率化され作業時間の短縮が見込めます。その際、グラップル機能に優れたハーベスタ等を活用すると材を掴みやすくなるため作業効率が高まります。

このほかに、造材するための作業ポイントを確保し、グラップルをスキッドのように利用するなどして作業ポイントまで集材することにより、ハーベスタ等を移動させないで造材作業を行うことができれば、移動にかかる時間を削減できるので、ハーベスタ等の造材能力を活かした生産性を確保することができます。



Point !

フォワーダは、積載量と走行速度を考慮した機種を選定が重要

フォワーダは、作業道上では走行性能が高く、積載量の多い機種を用いると効率的に運材できます。しかし、長距離になれば効率は悪くなります。このため、積載量と走行速度を考慮した機種を選定が重要です。

クローラ式と比較して走行速度が速いホイール式のフォワーダが効率的ですが、ホイール式のフォワーダは接地圧が高くなることから、軟弱地盤には不向きなので、導入に当たってはより堅固な路網の整備が不可欠です。



Point !

グラップル専用機でフォワーダへの積込み生産性を向上

グラップル付きフォワーダは、1台で積込みや荷おろしが可能ですが、グラップル専用機に比べて積込みや荷おろしの能力が劣るほか、積載量も低下します。そのため、生産規模が小さい現場に向いています。

生産規模が大きい場合は、1回当たりの運搬量を増加させるため、グラップルが付いていない大型のものと積込みや荷おろしの作業を行うグラップル専用機を組み合わせると効果的です。ただし、この場合、機械が増える分機械経費が増加するので、コストと効率性を踏まえた検討が必要です。



グラップル付きフォワーダによる積込み



グラップルによるフォワーダへの積込み

Point !**脱着装置付フォワーダ等を用いて積み込みや積替えの作業を省略**

脱着装置付フォワーダを用いると、プロセッサ等で空のコンテナに直接丸太を入れることができるため、フォワーダに積み込む作業を省略できます。また、同じコンテナを使用できる脱着装置付のトラックと組み合わせることで、山土場での丸太の荷おろしやトラックへの積替え作業も省略できます。

積み込み前のコンテナの移動はプロセッサ等で掴んで行います（ただし、コンテナに掴み部の装備がある場合のみ可能）。なお、一般的に、コンテナをフォワーダに積替えるには、土場に車両 2 台分のスペースが必要となりますが、ポール回転等の荷台幅低減機構を有するコンテナを用いることにより、省スペースで積替えることができるようになります。



プロセッサによるコンテナの移動



荷台幅低減機構を搭載したコンテナ

6-3 架線系作業システムの効率化

Point !

スイングヤードによる集材は、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

車両系作業システムで集材できない場合は、架線集材を行います。

架線集材の中でもスイングヤードは、2つのウインチを搭載しており、ランニングスカイライン方式等の簡易架線集材を行うことが可能な機械です。その集材距離は、機械の牽引力や搬器の走行速度、架設・撤収の効率等から100m程度までが適していると言われています。



スイングヤードによる集材では、上げ荷集材が安全で効率的です。これは、架設作業や横取りする場合、現場技能者がワイヤロープを上から下に引き回すことになるため、労働負担が軽減することや集材中の材の制御も容易であるためです。

このようなことから、スイングヤードを有効活用するためには、集材距離を考慮した路網を整備し、主として上げ荷集材を行う計画とします。また、架設撤収を繰り返しながら作業を行う場合は、ワイヤロープに搬器を取り付けたままにしておくことで架設作業を効率化することができます。

Point !

スイングヤードの伐倒同時集材方式で作業時間を短縮

スイングヤードを使った集材では、集材に先行してチェーンソー伐倒を行う方法が一般的です。しかし、この方法は、集材が始まるまでの間に作業の待ち時間が生じるだけでなく、立木密度の高い林分ではかかり木の生じることが避けられず、その処理に労力を要します。

チェーンソー伐倒とスイングヤード集材を同時並行的に行うことにすれば、集材作業の待ち時間を短縮できるだけでなく、かかり木の発生も避けることができるので、安全で効率的な作業が行えます。ただし、この方式では、伐倒した木が集材架線の上に倒れかかることがあるため、集材架線が緊張している場合は伐倒作業を行わないこと、集材架線が完全に緩んだことを確認すること、スイングヤードのオペレータが荷外しの後に安全な場所に退避したことを確認してから伐倒を行うことが重要です。

Point !

簡易架線集材でも造材作業ポイントに集材木を集めて、集材・造材工程の連携を向上

スイングヤードによる集材作業を効率化するためには、プロセッサ等が行う造材作業との連携の向上が必要です。

荷外した集材木が滑落するような急傾斜地では、荷外し前にプロセッサ等で掴み、荷外しを行うことになり、集材・造材工程において機械に待ち時間が発生します。このため、滑落防止柵（第6章73ページを参照）を用いるほか、安定した場所まで集材できるように向柱を用いるなど、索張り方式を工夫して、造材するための作業ポイントに荷外した集材木をそのまま預けることができれば効率的です。



集材木を造材作業ポイントに集積



作業ポイントで荷外しされた集材木を造材

Point !

索張り方法を工夫して、スイングヤードでの横取り作業を効率化

スイングヤードによる横取り作業を効率化するために索張り方法を工夫します。例えば、ランニングスカイライン方式の場合、^{かくせんき}掴線器を用いた搬器の係留（搬器に取り付けた^{かくせんき}掴線器をホールバックラインに固定することによる搬器の係留）や近隣の立木に設置したガイドブロックにホールバックラインを通すことによる横ブレの規制等が考えられます。



^{かくせんき}掴線器を用いた搬器の係留



ガイドブロックを活用した横ブレ規制

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。



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、荷外し手（土場作業員）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、荷掛手と荷外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。



油圧式集材機



無線操作するためのリモコン装置

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、欧州製の自走式搬器と集材機を組み合わせる方法があります。この方法は、主索のみを使用するシンプルな索張り方式を採用しているため、主索ウインチや人工支柱等を組み合わせて活用することで架設・撤収作業を効率化することができます。また、プロセッサのオペレータと荷掛者がそれぞれ、無線での搬器の走行や巻上索の操作が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。

なお、高性能搬器は一般的な架線集材で使用する搬器よりも重量があるため、集材作業時の垂下量が大きくなることを想定して架線計画を検討する必要があります。



高性能搬器を用いた架線集材



フォワーダに搭載された主索ウインチ

Point !**ラジコン式荷外しフックで荷掛け・荷外しの時間が短縮**

ラジコン式荷外しフックは、荷掛けしたスリングを無線操作により荷外しできる器具です。荷外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、荷外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。なお、スリング部分は消耗品のため交換が必要です。スリング部分にワイヤロープ以外にチェーンや繊維ロープを用いた事例もあります。



ラジコン式荷外しフック（ワイヤロープ）



ラジコン式荷外しフック（チェーン）

タワーヤード等で上げ荷集材を行う場合は、プロセッサ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、複数の集材木を荷掛けした場合は、滑落防止柵の活用が効果的です。この柵を用いた場合、滑落防止部の配置にもよりますが、一般的に荷外し箇所が高い位置になることから、ラジコン式荷外しフックとの組合せが最適です。

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。



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、グラップルまたはプロセッサ等で掴んで、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。



Point !

ドローンで架設・撤収作業におけるリードロープの敷設作業を効率化

架設・撤収作業は重労働で手間がかかるため、架線集材におけるボトルネックとされています。一般的に、架線集材は尾根を結ぶような形で架設することが考えられるため、架線集材で使用する作業索を引き回すためのリードロープを人力で引き回す作業は、労働強度が高くなります。この作業にドローンが活用されています。

最初に、ドローンで先山までバインダー紐等の予備線を引き回します。次に、その予備線をリードロープと繋いで、小型ウインチ等を使用して巻き取ることでリードロープを引き回すことができます。こうすることで、労働強度だけでなく架設に係る時間も短縮することができます。



ドローンによる予備線の運搬



小型ウインチによる予備線の巻き取り

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、グラップルが搭載されていないトラックのほうが1回当たりの運搬量が増加します。

山土場からストックヤードを経由して製材工場等へ効率的に運ぶためには、運送距離や積替えの有無、トラックの大きさ、1日のトラックの回転数などに留意する必要があります。なお、トラックの回転数を高めるためには、積込みを効率化することが重要です。



6-5 バイオマス用材の収集

Point !

移動式チッパーで現場を移動しながら作業を行うなど、稼働率の向上が重要

バイオマス用材は、全木集材することで効率的に収集することができます。チップングの生産性は、チッパーのエンジン出力ごとに一定であるため、事業規模に応じて機種を選定し、現場を移動しながら作業を行うなど、稼働率を上げる工夫が必要です。

架線系作業システムの場合は、林地残材が土場に溜まったら、移動式チッパーでチップングして、直接トラックのコンテナにチップを投入して収集すると効率的です。車両系作業システムでフォワーダを利用する場合は、丸太や枝条を運搬することになるため、バイオマス用材収集の生産性が悪くなります。この場合、枝下部を玉切りし、梢端部は枝払いせず、山元で移動式チッパーによりチップングすることができれば効率的です。



6-6 器材・器具

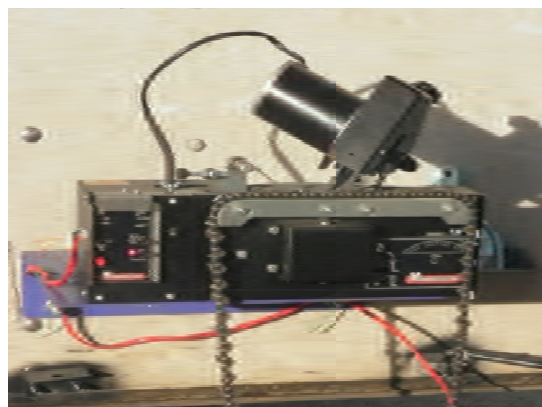
(1) ソーチェーンの自動目立て機

Point !

ソーチェーンを複数準備してハーベスタの性能を維持

ハーベスタは処理能力が高いことから、できるだけ稼働時間を多くすることが生産性を向上させる上で欠かせません。

ソーチェーンの自動目立て機を用いて、手で行っていたソーチェーンの目立て作業を効率化することができます。また、目立て作業が容易になることで、現場に複数のソーチェーンを用意することができるようになれば、ソーチェーンの交換作業だけで、常に切れる状態にしておくことができるようになります。これにより、切削能力の低いソーチェーンを無理に使うことで発生する、ソーチェーンの破断や飛散による危険を避けることができます。



(2) 油圧ホース加締機

Point !

油圧ホースを自社で作製し、修理にかかる経費を削減

車両系の高性能林業機械には油圧ホースが多く使われていますが、油圧ホースは、劣化や岩や木に当たることで破損します。油圧ホースが破損したときの対応として、予備のホースを備えていると直ちに交換して修復ができます。また、事業体内でホース交換頻度が一定以上ある場合は、口金の加締機を活用し自社で油圧ホースを作製すると短時間で修理ができ、時間のロスを減らせるだけでなく、



修理費用も削減できます。なお、油圧ホースの口金は様々な形状のものがあるので、使用する機械のメーカーを予め揃えておくと、金具を統一することができます。

(3) スーパー繊維ロープ

Point !

スーパー繊維ロープを用いて労働負担を軽減

スーパー繊維ロープは、ワイヤロープに比べて強度や伸び率は遜色がなく、柔軟で軽く、取り扱いが容易であるため、単胴ウインチによる地曳集材で効果的です。

今後は、高性能搬器の巻上索やラジコン式自動荷外しフックと組み合わせて活用するスリングロープ、架線集材における架設作業で用いるリードロープ、タワーヤードのガイライン等の様々な用途で活用されることで、木材生産における労働負担が大幅に軽減できるだけでなく、作業の効率化も期待できます。



高性能搬器の巻上索として利用



専用の滑車を用いリードロープとして利用

スーパー繊維ロープの特徴

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ワイヤロープの 1/6 の軽さ ・ワイヤロープとほぼ同じ伸び率 ・握っても怪我をしない ・乱巻き処理の時間が短い | <ul style="list-style-type: none"> ・ワイヤロープと同径同強度 ・柔軟性がある ・廃棄が簡単 ・大事故になりにくい |
|--|--|

Point !

擦れや摩擦に弱いため、定期的にロープの状況を確認しながら使用





スーパー繊維ロープは、岩石や滑車との接触による擦れに弱いことから、シーブが樹脂製の滑車を活用するほか、アイの先端部分等の傷みやすい所にカバーを取り付けるといった摩耗への配慮が必要です。このような、使用上の注意点を良く理解した上で使用します。

使用上の注意点

- ・樹脂製の滑車等を使いなるべく金属との接触を避ける
- ・結んで使用しない
- ・傷むところにカバーを付ける
- ・早めに交換する

また、ロープは擦れなどの損傷により残存強度が低下します。全体的にケバ立ち始めたら、残存強度は、通常の約 50%になってしまいます。さらに、ストランドの谷間までケバ立ちが生じると、残存強度は約 35%まで落ちてしまいます。損傷部は除去し、所定の接続方法等で補修をする必要があります。

このほか、繰り返し荷重や曲げ疲労等によっても強度が低下します。定期的にロープの状況を確認し、必要に応じて交換することが重要です。

ロープの状況	形状	対応
新品		
4 ストランドが切断		損傷部を除去し、所定の接続方法等で補修する
全体にケバ立ちがある 〔グラインダー摩耗 1,000 回〕		残存強度 50% 強度低下率が大きく、早期切断等起きる可能性があるため、損傷部を除去し、所定の接続方法等で補修する
全体にケバ立ちがあり、ストランドの谷間まで摩耗有 〔グラインダー摩耗 5,000 回〕		残存強度 35% 強度低下率が大きく、早期切断等起きる可能性があるため、損傷部を除去し、所定の接続方法等で補修する

