

2 林業の生産性向上の取組

(1) 造林・保育

(現状と課題)

造林・保育については、昭和30～40年代のような大面積での拡大造林^{*8}が行われることはないが、これまで造成した人工林が利用期を迎えるに当たり、森林資源の循環的な利用を図っていくためには、伐採後の再造林が一層重要になる。

スギ人工林の造成・保育には、植栽から50年生までに平均で約248万円/haの費用を要するが、この6割に当たる約150万円/haが植栽後10年間に費やされており(図I-6)、さらにその7割が労賃となっている。このように、主伐時の収入がその後の再造林経費に費やされる状態となっている。このようなことから、林業の採算性の向上には、造林・保育に要する費用を縮減することが重要である。

(費用の縮減に向けた取組)

ア 地拵

地拵については、従来は伐採が行われた後、単独の作業として人力で実施されてきた。近年、路網と高性能林業機械を組み合わせた作業システム^{*9}が普及する中、伐採作業中又は終了直後にグラップル等を用いて林地残材を整理する取組や、自走式の機械で枝等をチップ化することにより地拵費用の大幅な削減を図る取組が一部の林業事業者で進められている。

事例I-1 皆伐・再造林のコスト削減の取組

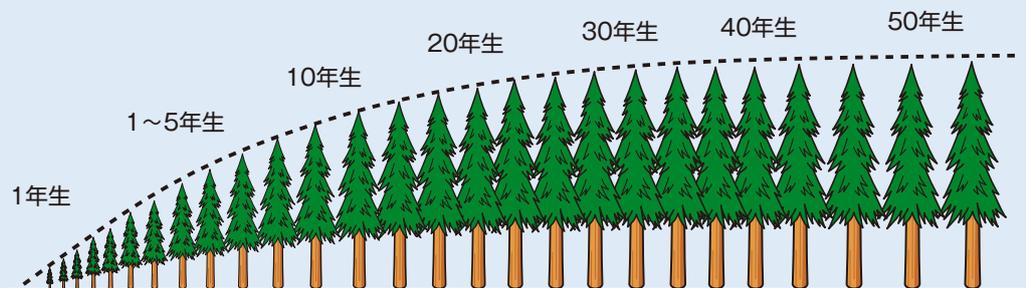
宮崎県の林業事業者M社では、平成21(2009)年度「低コスト林業経営等実証事業」において、約3.0haの皆伐地で、伐採と同時に高性能林業機械で地拵を行うとともに、低密度(1500本/ha)の植栽を実施した。これにより、再造林経費(地拵、植栽)を約93万円/haから約51万円/haに削減できた。同社では、この方法で今後も再造林費のコスト削減に取り組み、森林所有者に伐採収入をできるだけ多く還元していくこととしている。



スーパーロングリーチグラップルを用いた地拵

このような伐採と地拵の一体的な実施は、地拵の省力化だけでなく草本の繁茂前の植栽が可能になるという利点もあると考えられる。ただし、地拵は、素材生産を行った林業事業者ではなく造林を行う林業事業者によって実施される場合が多いことから、伐採との一体的な実施を進めるためには林業事業者間の調整が重要である。

図I-6 スギ人工林の造成に要する費用



資料：農林水産省「平成18年度林業経営統計調査報告」(平成21(2009)年12月公表)

*8 天然林を伐採した跡地等で行われる人工造林。なお、人工林を伐採した跡地で行われる人工造林は再造林という。

*9 素材生産の各工程(立木の伐倒(伐木)、枝払い玉切り(造材)、林道端等の土場へ運搬(集材)、トラック積込)における作業・機械・人の組合せ方法。「作業仕組み」ともいう。

イ 植栽

植栽については、1ヘクタール当たりの植栽本数を標準的な3,000本から、2,000本や1,500本に減らす低密度植栽が各地で試行されている。低密度植栽は、苗木や植栽の費用の削減だけでなく、下刈の省力化や保育間伐の省略等、全般的な費用の縮減につながるが見込まれるが、植栽木の生存率や成長・材質への影響等の実績をみながら、取組を進めていくことが必要である。

植栽する苗木については、植栽の省力化や良好な初期成長等が期待されるマルチキャビティーコンテナを用いた苗木の生産が始まっている。

ウ 下刈

下刈は、植栽した苗木の生育を妨げる雑草木を刈り払う作業であり、植栽後数年間、植栽地の全域にわたって実施されることが多い。しかし、夏期の高湿多湿下での作業は負担が大きく、多くの費用を要することから、この省力化が必要となっている。そこで、植栽木の成長に関係ある部分だけ刈り払う坪

刈・筋刈^{*10}による省力化や、下刈回数の削減、林地を枝条や樹皮等で被覆することによる下刈の省略等の取組が行われている。また、これに関連して、周辺の草本が繁茂しても被圧されにくい大苗や、早い初期成長が期待できる品種の苗木の利用も進められている。

(今後の取組)

造林・保育での費用の縮減に向けたこれらの取組の中には、低密度植栽や大苗の導入など相当以前から試行されている取組もあるものの^{*11}、いまだ地域での断片的な試行にとどまっている。これらの取組の中には、例えば地拵から下刈までの経費を半分程度にまで引き下げることが可能と試算されるなど、今後の普及により造林・保育費用の縮減が期待されるものもみられる。

なお、造林・保育については、森林の公益的機能の発揮の観点から支給される補助金が利用される場合が多いことから、費用の縮減につながるよう、補助金の運用を工夫することも有効であると考えられる。

事例 I-2 マルチキャビティーコンテナを用いた苗木の生産

我が国では、植栽の効率化のためポット苗が試行されてきたが、運搬の問題等の理由から限定的な利用にとどまっていた。このような中、容器の底面を大開口とするなどの工夫を凝らしたマルチキャビティーコンテナが欧州を中心に普及したことを受け、林野庁では、国際協力で培った広葉樹コンテナ苗の生産技術を基礎として、独立行政法人森林総合研究所等の協力を得てスギ等のコンテナ苗の育成技術の研究開発を進めた。この結果、根の変形や根巻きのないコンテナ苗の大量生産と専用の器具を用いた効率的な植栽が可能となりつつある。

平成21(2009)年11月、宮城県農林種苗農業協同組合等の主催で「コンテナ苗生産と低コスト造林植栽地成果発表会」が開催され、全国から苗木生産者や林業関係者約150名が参加した。また、国有林においても、東北・関東・九州の各森林管理局管内でコンテナ苗の植栽を開始し(平成20(2008)年度~平成21(2009)年度で約22,000本(約8ha分))、実証・普及に努めている。



苗木を育てる数十の穴があるトレイ



コンテナを苗に浮かせて育苗。床替・根切りが不要



コンテナ苗

*10 筋刈：植栽列に沿って一定の幅を刈り払う下刈方式。坪刈：植栽木の周辺のみを刈り払う下刈方式。

*11 昭和60年度林業白書20ページ

(2) 間伐

(現状と課題)

間伐は、成長の過程で過密となった立木の一部を抜き伐りし、立木の密度を調整する作業である。間伐は、①樹木の成長の促進により風雪害や病虫害に強い健全な森林を作る、②林内の下層植生の繁茂により地表の浸食や流失を抑制する、③多様な動植物の生育・生息が可能となり、生物多様性の保全に寄与するなど、森林のもつ多面的機能の発揮に大きな意義を有するものであり、林業の観点からは、残存林分の成長促進や間伐材の販売による林業収入を確保するなどの意義を有している。

間伐は、主伐に比べて伐採・搬出の経費が掛かり増しになる一方、間伐材は価格の安い小径木・低質材が多いことなどから、伐採した材を搬出して利用する利用間伐は民有林での間伐の約3割にとどまっており、その他は林地残材^{*12}として放置される伐り捨て間伐と推定されている。

林業の採算性向上には、現在は十分には利用されていない間伐材を販売することにより収入増を図っていくことが重要であり、伐り捨て間伐から利用間伐への移行が課題となっている。

(間伐の方法)

現在、間伐は、林分密度・樹高・直径等から伐採率・伐採量を決定した上で、立木の形質・形状や隣接木との関係を現地で確認しながら伐採木を単木

に選定する定性的な点状間伐が一般的である。この間伐方法は、森林の状況ごとにきめ細かな保育が可能であるなどの利点を有しているものの、選木・伐採・集材に高度の技術と手間を要するため、熟練技術者の減少や木材価格の低下等により、実施が困難な場合もみられるようになってきている。

このような中、生産性の向上と費用の縮減を図る間伐方法として、植栽列や斜面方向等に沿って直線的に伐採する列状間伐^{*13}が各地で導入されている。

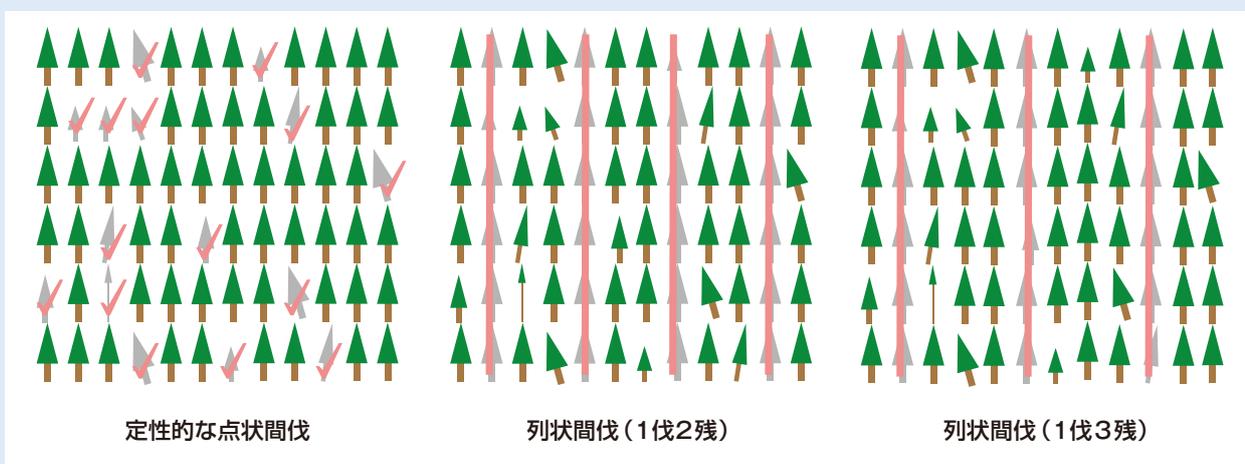
列状間伐は、伐採列数と残存列数の組合せにより、例えば1列を伐採し3列を残す場合を1伐3残と呼ぶが、1伐3残又は1伐2残が多く行われている(図I-7)。この際、列状の伐採に加え、定性的な点状間伐を補足的に実施する場合もある。2回目以降の間伐については、1回目の残列を列状に伐採する方法、1回目の間伐とは異なる方向で列状に伐採する方法、定性的な点状間伐を実施する方法等がある。

(列状間伐の実施状況)

列状間伐は、国有林の利用間伐において積極的に推進されている。

民有林においては、路網の整備状況や高性能林業機械の導入状況、森林所有者の意向等の相違により、列状間伐の実施状況は地域ごとに大きく異なっている。地域的には、材価が比較的安く間伐等の費用の縮減が強く求められたカラマツ人工林が広く分布する北海道や長野県で古くから列状間伐が導入されている。

図I-7 間伐の方法



*12 立木を丸太にする際に発生する枝葉や梢端部分等

*13 「列条間伐」と記されることもある。

(間伐方法の選択と列状間伐)

列状間伐は、選木の手間が省け、伐採・集材が容易になるとともに、高性能林業機械を用いた作業システムの導入により、生産性を高めやすいという利点がある。長野県林業総合センターの比較によると、生産性や残存木の損傷等の点で点状間伐よりも有利となっている(図 I-8)。また、列状に伐採することにより、労働災害の大きな原因の一つであるかかり木を減らすことができる。

一方、列状間伐では、形質等に関係なく立木が一定の割合で伐採されるとともに、太陽光が有効に利用されない無駄な空間が発生することとなる。

このような列状間伐の特徴を十分に認識した上で、現時点の林分の状況や指向する森林の姿、将来的な施業体系全体での生産性の向上等も考える中で、利用間伐を進める一手法として列状間伐の導入を検討することも有効であると考えられる。

なお、列状間伐の伐採列は、現地の状況に応じて臨機応変に決定すべきものであるが、これをあらかじめ設定する事例があるなど、その運用に混乱がみられるところであり、列状間伐の内容について森林所有者や林業事業体に周知していくことも重要である。

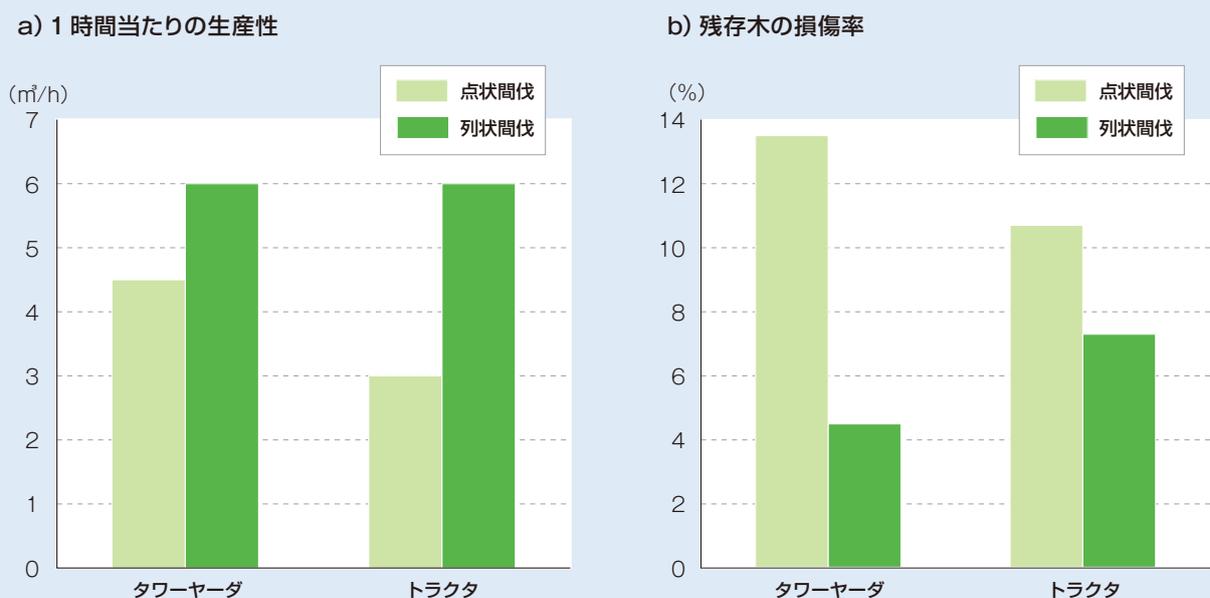
事例 I-3 道有林における列状間伐の取組

北海道の森林面積の約1割を占める道有林(北海道所有の森林)は、昭和40年代後半から列状間伐を導入しており、現在、初回間伐(V~VII齢級)を中心に列状間伐を実施している。これらの列状間伐の多くはチェーンソー伐倒・トラクタ集材という従来の方法で実施されていることから、道有林では、今後、高性能林業機械による間伐を推進していくこととしている。



トドマツ林(33年生)における列状間伐

図 I-8 間伐方法の違いによる生産性・損傷率の比較



資料：長野県林業総合センター

(3) 素材生産

素材生産は、森林から丸太を生産する林業の作業である。丸太という大きな重量物を取り扱うことから、生産性の向上のためには、立木の伐倒(伐木)、木寄せ、枝払・玉切(造材)、林道沿いの土場への運搬(集材)という工程に応じて開発されている林業機械を有効に活用していくことが鍵となる*14。

(林業機械の保有状況等)

我が国における高性能林業機械の導入は昭和60年代に始まり、平成20(2008)年現在、約3,800台が保有されている。内訳をみると、プロセッサが約3割を占めており、プロセッサ同様に造材作業に使用されることの多いハーベスタと合わせると両方で約5割となる。このほか、フォワーダが3割弱、スイングヤードが1割強を占めている(図I-9)。高性能林業機械の稼働率は、徐々に向上し、プロセッサ・ハーベスタで約60%、フォワーダで約50%となっている。なお、チェーンソーや集材機をはじめとする在来型の林業機械は減少している。

(現状と課題)

素材生産のうち、高性能林業機械を作業工程の一部にでも用いた素材生産の生産性は、平成20

(2008)年度現在、主伐で5.26㎡/人日、間伐で4.35㎡/人日と全体平均を若干上回る水準となっている。また生産費は、主伐では約5,162円/㎡と全体平均を1,200円/㎡ほど下回っているものの、間伐では、償却費・間接費がかさむことから、約9,144円/㎡と、全体平均を200円/㎡ほど下回る水準にとどまっている(表I-3)。

なお、平成20(2008)年度の我が国の素材生産量のうち、高性能林業機械を用いて生産されたものは3分の1程度となっている。

このように、素材生産については、高性能林業機械の保有台数は増加しているものの、その成果は必ずしも十分ではなく、素材生産の生産性の向上や生産費の縮減が課題となっている。

表I-3 素材生産の生産性・生産費

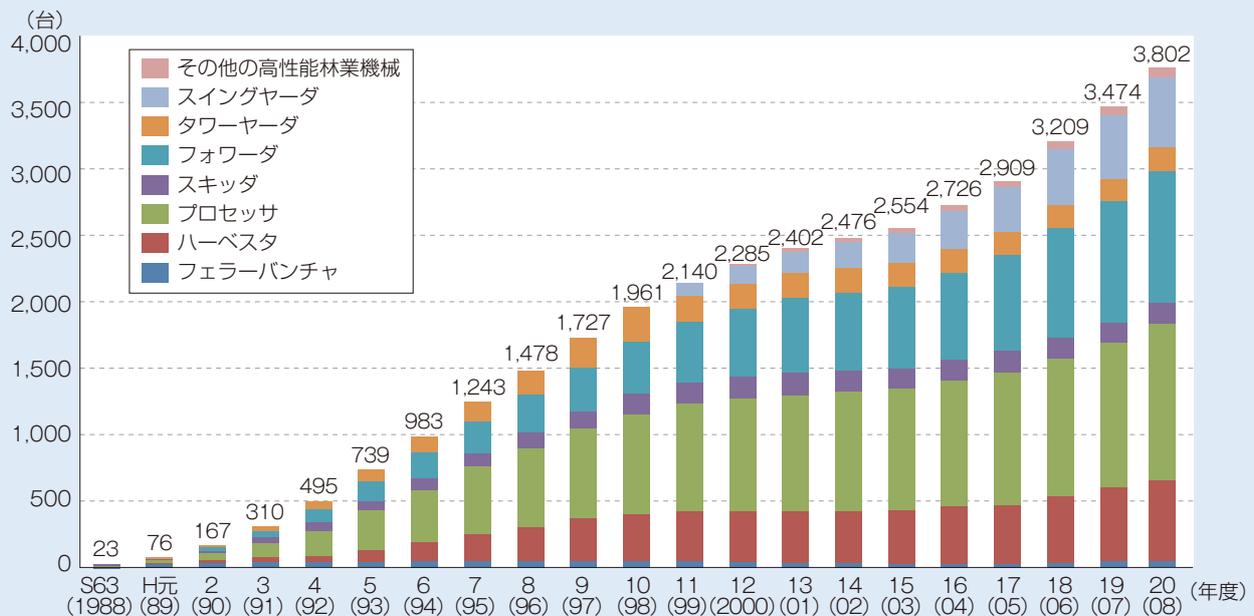
(単位：㎡/人日、円/㎡)

| | 生産性 | 生産費 |
|---------------|------|-------|
| 主伐(全体平均) | 4.00 | 6,342 |
| 高性能林業機械を用いたもの | 5.26 | 5,162 |
| 間伐(全体平均) | 3.45 | 9,333 |
| 高性能林業機械を用いたもの | 4.35 | 9,144 |

資料：林野庁業務資料

注：平成20(2008)年度の値

図I-9 高性能林業機械の保有台数の推移



資料：林野庁業務資料

注1：平成10(1998)年度以前はタワーヤードの台数にスイングヤードの台数を含む。

注2：平成12(2000)年度から「その他高性能林業機械」の台数調査を開始した。

*14 主な高性能林業機械について本章末尾のコラムを参照。なお、本稿では、生産性の向上の観点から高性能林業機械を取り上げるが、高性能林業機械の活用は、生産性向上のみならず、労働負荷の軽減や労働安全の確保という面からも重要である。

(生産性・生産費の目標)

林野庁の低コスト作業システム構築事業では、高い生産性と低廉な生産費を実現している欧州等の諸外国の状況を勘案し、高性能林業機械を用いた作業システムによる素材生産について、伐採からトラック積込地点までの生産性を10m³/人日以上、生産費を定性間伐(定性的な点状間伐)で5,000円/m³以下、列状間伐で3,500円/m³以下にすることを目標としている。

この10m³/人日という生産性は、特定の作業現場において一時的に達成されるべき目標ではなく、作業現場間の林業機械の移動等の段取りも含めて年間を通じた平均値として達成されるべき目標値である。したがって、4人のオペレータで運用される作業システムであれば、1年間の稼働日数を220日とした場合、8,800m³程度が事業量のおおまかな目安となる。

(生産性向上に向けた作業システムの改善)

高性能林業機械を活用した素材生産の生産性(間伐)を個別の林業事業体に着目してみると、10m³/人日を大きく超える生産性を達成している林業事業

体が既に存在している一方で、数m³/人日程度という生産性にとどまる林業事業体も存在している状況にある(表I-4)。

もとより、素材生産の生産性は、地形・地質等の地況や、樹種・蓄積・樹高・直径等の林況、路網の整備状況等の諸条件の影響を大きく受けるものではあるが、高性能林業機械そのものの性能に大きな差がない中、実際の生産性に極端な差が存在していることは、高性能林業機械を単に導入するだけでは必ずしも生産性が向上するものではなく、その使い方が重要であることを示唆している。

実際、高性能林業機械を導入したにも関わらず、十分な生産性の向上が図れなかった林業事業体の中には、高い生産性を実現している先進的な林業事業体の指導を仰ぎ、作業システムの運用を改善することにより、生産性の大幅な向上に成功した林業事業体もみられるところであり、高性能林業機械の組合せや運用等の使い方に工夫の余地は大きいと考えられる。

ここでは、これまでの高性能林業機械の導入実績を踏まえつつ、その組合せや運用のあり方等について記述する。

表I-4 車両系作業システムの生産性(緩傾斜地での間伐)

| 伐倒 | 木寄せ | 造材 | 集材 | 生産性(m ³ /人日) |
|--------|-------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| ハーベスタ | ハーベスタ/グラップル | ハーベスタ/プロセッサ/チェーンソー | グラップル/クローラダンプ | 9.0~10.6 |
| チェーンソー | ハーベスタ/プロセッサ | ハーベスタ/プロセッサ | フォワーダ | 5.5~8.0 |
| チェーンソー | グラップル | ハーベスタ/プロセッサ | フォワーダ/クローラトラクタ等 | 3.5~15.0 |

資料：林野庁「低コスト作業システム事例集」(平成19(2007)年3月)

事例I-4 作業システムの運用改善

鹿児島県の素材生産業者であるU社では、伐採(チェーンソー)→木寄せ(グラップル)→造材(ハーベスタ)→積込(グラップル)→集材(フォワーダ)という作業システムで素材生産を行っていたが、生産性が十分には向上しなかった。このため、先進林業事業体の指導を仰ぎ、作業システムの運用の改善に取り組んだ。

この取組の中で、ある工程が完了してから次の工程に着手するという直列的な作業を、連携をとりながら全工程を同時に実施する並列的な作業に改めることにより、生産性が3.0m³/人日から7.3m³/人日へと大幅に向上することが実証された。今後、並列的な作業システムを積極的に実施することとしている。



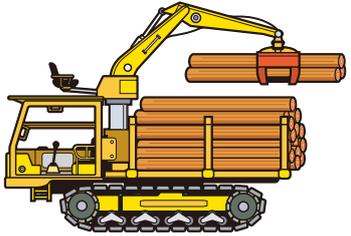
公開視察会の状況

事例 I-5 我が国における主な作業システム

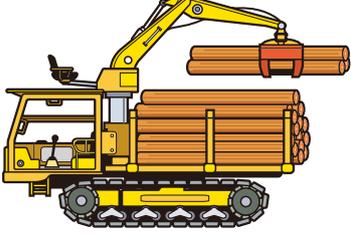
高性能林業機械を用いた作業システムは、傾斜と路網密度により、車両系作業システムと架線系作業システムに大別される。我が国における主な作業システムは次のとおりである。

(1) 車両系の作業システム

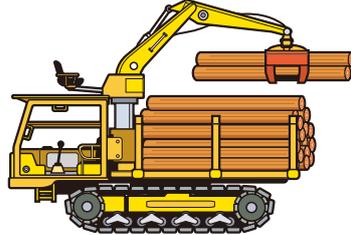
路網から伐倒木を機械で直接取る作業システムである。機械で木寄せできる範囲は路網の両脇20数m(伐倒木の長さとはベースマシンのアームの長さの合計)であるため、高密度の路網が必要となる。我が国の育成林の傾斜分布に照らして、我が国で導入できる範囲が最も広い作業システムである。ハーベスタやグラップルの使い方により、次のような作業システムがみられる。

| ハーベスタ又はチェーンソー (伐倒) | ハーベスタ (木寄せ・造材) | フォワーダ (集材) |
|---|---|---|
|  |  |  |

路網からアームが届く範囲の立木はハーベスタで伐倒・木寄せ・造材する。それ以外の立木はチェーンソーで伐倒後にハーベスタで木寄せ・造材する。京都府の日吉町森林組合では、定性的な間伐の場合、生産性は9～14 m³/人日となっている。

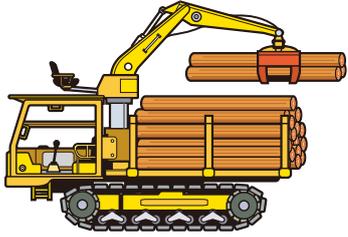
| チェーンソー (伐倒) | プロセッサ(又はハーベスタ) (木寄せ・造材) | フォワーダ (集材) |
|---|---|---|
|  |  |  |

立木をチェーンソーで伐倒した後、プロセッサ(又はハーベスタ)で木寄せ・造材し、フォワーダで集材する。飛騨市森林組合では、列状間伐を一部組み合わせた定性的な間伐の場合、生産性は7～10 m³/人日となっている。

| チェーンソー (伐倒) | グラップル(木寄せ) | プロセッサ(又はハーベスタ) (造材) | フォワーダ (集材) |
|----------------|---|---|---|
| |  |  |  |

生産性の高いプロセッサを造材に専念させるために木寄せ専用のグラップルを組み入れた作業システムである。兵庫県素材生産業者Yでは、列状間伐の場合、生産性は10 m³/人日超となっている。

(2) 架線系の作業システム

| | スイングヤード(集材) | プロセッサ(又はハーベスタ) (木寄せ・造材) | フォワーダ (集材) |
|----------------|---|--|---|
| チェーンソー (伐倒) |  |  |  |

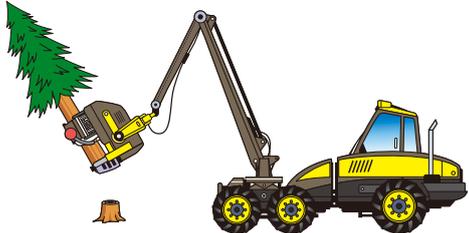
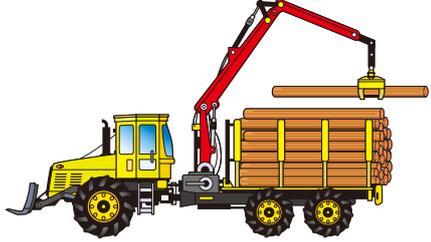
集材にスイングヤードを組み入れた作業システムである。路網から70～100m程度以内の範囲が採算ベースで効率的な集材が可能であるといわれており、高密路網の開設ができない急傾斜地を中心に多数の導入事例がみられる。なお、多くの場合、フォワーダで2回目の集材を行っているが、本来は直接トラックに積み込んで運材するのが望ましい。三重県の中勢森林組合では、列状間伐の場合、生産性は5～9m³/人日となっている。

(3) その他の作業システム

路網周辺はグラブで木寄せし、その範囲外はスイングヤードで集材するなど、複合的な作業システムが存在する。タワーヤードやスキッドを用いた作業システムもみられるが、事例は限られている。

(参考) 欧州における主な作業システム

(1) 車両系の作業システム

| ハーベスタ(伐倒・造材) | フォワーダ(集材) |
|---|--|
|  |  |

伐木から集材までのすべての工程を機械で処理する作業システムである。工程が簡素であり、2名のオペレータで運用可能なことなどから、生産性の向上を図りやすい。

我が国では、林業機械が乗り入れ可能な緩傾斜地が限られていることや、林内の走行性の高いベースマシンが普及していないことから、ほとんど導入されていない。

(2) 架線系の作業システム

| チェーンソー(伐倒) | プロセッサ付タワーヤード(集材・造材) |
|---|--|
|  |  |

ドイツやオーストリアの急傾斜地で導入されている作業システムである。タワーヤードにはプロセッサが装備されており、1名のオペレータで集材・造材が可能となっている。このため、チェーンソーによる伐倒を含め、3名のオペレータで作業システムの運用が可能となっている。

(高性能林業機械の組合せ)

① 基本的な考え方

高性能林業機械を活用して高い生産性を実現していくためには、高性能林業機械を適切に配置した作業システムが前提となる。作業システムには様々な形態が想定されるが、工程数が少なく、単純な組合せで、少人数で運用可能な作業システムが基本となる。

② 車両系作業システムと架線系作業システム

車両系作業システムと架線系作業システムを比較すると、我が国のこれまでの実績では生産性・生産費の点で車両系が優れている。また、後述する我が国の傾斜分布(表I-7)を勘案すると、我が国の育成林の相当部分で車両系に必要な高密度の路網の整備が可能であることから、高性能林業機械の導入に当たっては車両系をまず検討し、路網の開設が困難な場合等に架線系の選択することが望ましい。

しかし、高性能林業機械の導入事例の中には、高密度路網が整備されているにもかかわらずスイングヤーダを用いたり、高密度路網が未整備のままグラップル(ウインチ付き)による木寄せを行うなど、導入の合理性や作業効率の観点から課題のある事例があり、各地域の地況・林況や路網の状況に適合した作業システムの選択が求められる。

我が国では、架線系作業システムとしてスイングヤーダが使用されることが多いが、スイングヤーダは、実用的な架線長が70m程度にとどまることに

加え、簡易とはいえ架線の架設・撤去の手間を要する。このため、一部の林業事業者では、生産性の更なる向上を目指し、スイングヤーダによる集材からグラップルによる木寄せへと変更を検討する動きもみられる。

先に述べたとおり、欧州の林業先進国であるオーストリア等は、架線系作業システムとしてタワーヤーダを用いて高い生産性を実現している。我が国においては、これまでに数百台のタワーヤーダが導入されたものの、本格的な利用には至っていない。これは、タワーヤーダが走行可能な林道が十分には整備されていなかったことや、走行が可能であっても控え索^{*15}の設置ができないなどタワーヤーダの運用が困難であったためと考えられる。しかし、育成林の3割程度は架線系作業システムでの対応を必要とする急傾斜地であること、森林の成長に伴い大径化する材を簡易な索張りで搬出することは困難であることから、我が国の地形や林分に適合したタワーヤーダの開発・普及が課題となっている。

なお、在来型の架線集材を用いた作業システムについては、プロセッサ等の高性能林業機械を併用することにより一定程度の生産性の向上は見込まれるものの、10m³/人日や20m³/人日といった高い生産性を達成することは極めて困難である。特段の事情がない限り、路網の整備を図り、高性能林業機械を主体とする作業システムへの切り替えを検討することが求められる。

事例 I-6 ロングリーチグラップルを使用した木寄せ

岐阜県の素材生産業者であるK社は、平成18(2006)年度から高性能林業機械を活用した効率的な間伐を実施してきたが、スイングヤーダやウインチ付きグラップルといったワイヤー掛けでの木寄せでは生産性の向上に限界があった。このため、アーム長20mのロングリーチグラップルを用いて、様々な条件下で試験的な運用を行った。この結果、幅員3.5m以上の路網が必要であること、通常のグラップルを併用する必要があること等の制約はあるものの、素材生産の生産性を7m³/人日から11.8m³/人日に向上させることができた。今後、欧州製の林業機械等も試用して、生産性の飛躍的な向上に取り組んでいくこととしている。



スーパーロングリーチグラップルを用いた木寄せ

*15 タワーヤーダのタワーの転倒防止のために設置されるワイヤーロープ

③ 高性能林業機械のサイズ

高性能林業機械のサイズは様々であるが、「0.45サイズ」と「0.25サイズ」の機械が多く使われている（表 I-5）。0.45サイズの機械は、0.25サイズの機械に比べて処理能力は高いものの、幅員の広い路網が整備されていることが導入の前提となるほか、十分な事業量や販売先を確保することも必要となる。他方、0.25サイズの機械は、小型・安価で導入しやすい一方、森林の成長に伴い長尺・大径の材が増加した際に対応が困難になる可能性もある。

高性能林業機械の導入に当たっては、林内路網の幅員、取り扱う材の大きさ、想定される事業量等を勘案して機械のサイズを決定することが重要である。なお、0.25サイズでありながら0.45サイズ並のパワーを有する機種も開発されており、路網幅員の狭い作業現場で大径材を取り扱う場合等に有力な選択肢になると考えられる。

④ 高性能林業機械等の処理能力

高性能林業機械等の処理能力は異なっており（表 I-6）、作業システム全体の生産性は処理能力が最も低い工程の影響を大きく受ける。

例えば、0.45サイズのプロセッサに3トン積等の小型フォワーダを組み合わせている事例がみられるが、この場合、プロセッサの処理能力に比べフォワーダの処理能力が低いことから、これに引きずられる形で作業システム全体の生産性が頭打ちとなる。また、スイングヤード・プロセッサ・フォワーダを各1台組み合わせた場合には、プロセッサの処理能力がスイングヤード・フォワーダに比べ突出している

ことから、作業システム全体の生産性の向上を図ることは容易ではないと考えられる。

このようなことから、高性能林業機械の導入に当たっては、処理能力のバランスを十分に考慮することが重要である。

⑤ 機種を選定

高性能林業機械は、サイズの大小のほか、プロセッサの材の送り機構や、グラップルのヘッドの固定の有無、フォワーダのダンプ機構の有無等、様々な仕様の違いがあり、その性能・操作性は機種により大きく異なる。例えば、プロセッサの造材能力は材の硬軟に大きく影響され、スギの枝は落とせても、ヒノキやカラマツの枝には対応できない場合がある。

高性能林業機械の導入には高額な投資が必要であり、安易な導入が経営に過度の負担となることのないよう、レンタルやデモ機で性能や操作性を事前に確かめ、生産性や事業規模を試算するなど、慎重に機種を選定することが重要である。

表 I-5 高性能林業機械のサイズ

我が国の高性能林業機械は、建設系の機械をベースマシンとしていることから、ベースマシンであるバックホーのバケットの旧JIS表示容量を用いてサイズを表示することが多い。

高性能林業機械のサイズは、「0.45」と「0.25」に大別される。大きさ・重さの目安は以下のとおりとなっている。

| サイズ | 重量 | 車幅 | 全長 |
|------|--------|------|------|
| 0.45 | 12～13t | 2.5m | 7～8m |
| 0.25 | 6～7t | 2.2m | 6m |

表 I-6 高性能林業機械等の処理能力

| 工程 | 機械 | 規格 | 処理能力 |
|-------------|--------|--------------------|---------------------|
| 伐倒 | チェーンソー | — | 3m ³ /時 |
| | ハーベスタ | 12.7トン(0.45) | 8m ³ /時 |
| 7.5トン(0.25) | | 5m ³ /時 | |
| 造材 | プロセッサ | 11.9トン(0.45) | 10m ³ /時 |
| | | 6.5トン(0.25) | 6m ³ /時 |
| 集材 | フォワーダ | 9.0トン | 4m ³ /時 |
| | | 4.9トン | 3m ³ /時 |
| 木寄せ・積込等 | グラップル | 12.8トン(0.45) | 20m ³ /時 |
| | | 6.4トン(0.25) | 15m ³ /時 |

資料：全国林業改良普及協会「機械化のマネジメント」

(作業システムの運用)

① 基本的な考え方

高性能林業機械を適切に組み合わせた作業システムであっても、単に高性能林業機械を動かすだけでは生産性の向上は困難である。作業システム全体の生産性の向上のためには、各工程の処理速度を早めるとともに、工程間の連携を円滑なものすることなどにより、森林から土場まで丸太がよどみなく流れるようにすることが基本となる。

② 各工程の生産性の向上

各工程の処理速度は、オペレータの操作の巧拙に大きく影響される。ある素材生産業者のプロセッサのオペレータは、材の送りを自動ではなく手動で行うことにより測長に要する時間を短縮する、材の測長をしながらアームを旋回させる、玉切の際に丸太が動いてチェーンソーのバーが戻らなくなることを防ぐためにバーを戻すタイミングを早めるなど工夫を凝らした機械操作により、高い生産性を実現している。他方、生産性が上がらない林業事業者の中には、オペレータの機械操作が未熟な事例もみられるところである。高性能林業機械を導入した際にはオペレータの操作技術の向上をまず図り、各工程の生産性を十分に高めることが必要である。

③ 複数の工程の同時稼働

各工程で高い生産性を実現しても、ある工程が完了してから次の工程に着手するという直列的な作業の進め方では、作業システム全体の生産性の向上は

困難であり、各工程を同時並行的に稼働させることが必要である。このことは、高性能林業機械の稼働率を高める観点からも重要である。

ただし、先に述べたとおり高性能林業機械等の処理能力は異なっていることから、処理能力のバランスを考慮して機種を選定したとしても、工程ごとの処理に遅速が生じることが多い。このため、作業システム全体の生産性の向上のためには、工程間の処理速度を均衡させていく工夫が必要である。なお、この際には、作業システムの中で最も高価な高性能林業機械の稼働率を優先的に高めるという視点が求められる。

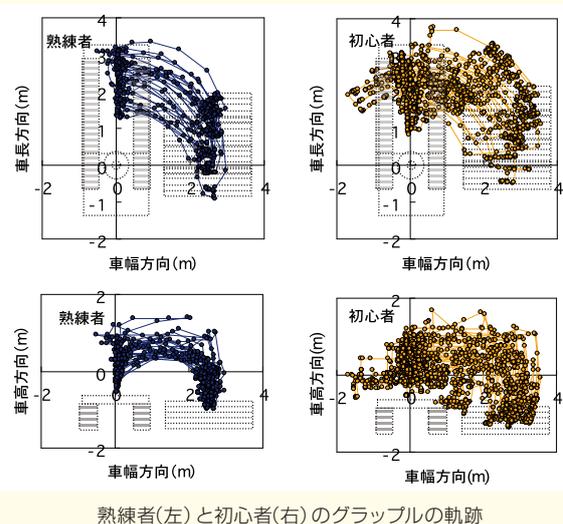
例えば、グラップル・プロセッサ・フォワーダから構成される作業システムの場合、最も高価なプロセッサの造材の速度が比較的安価なグラップルでの木寄せの速度やフォワーダでの集材速度より早い。このため、プロセッサの稼働率が高まるよう、グラップルやフォワーダの工程の改善について検討することになる。グラップルでの木寄せについては、グラップルのアームの範囲外の伐倒木をウインチで地曳する例があるが、これに要する手間や時間を勘案し、集材範囲を狭めることが検討されよう。また、フォワーダでの集材については、集材距離が生産性に大きく影響することから、走行距離が最適な範囲となるよう土場の配置や路網ルート等を工夫することが有効である。

事例 I-7 機械操作の習熟の違いと作業時間の関係

森林総合研究所及び森林技術総合研修所林業機械化センターは、グラップルで丸太を車両に積み込む作業について、習熟度の異なるオペレータによる作業を比較した。

この結果、作業時間は初心者で31分、熟練者で約14分となった。この差の原因を分析したところ、熟練者の操作には、①作業機を無駄の無い必要最小限の範囲内で動かしている、②複数の操作を同時に行っている、③丸太の重心を見極めて掴むことにより丸太の挙動が安定しているなどの特徴があることが明らかとなった。

今後、オペレータを支援するための具体的手法について検討することとしている。



④ 工程間の連携の円滑化

工程ごとの処理速度が均衡しても、工程間の連携がかみ合わなければ生産性の向上は望めない。材の受渡しの際に次工程の作業を実施しやすくなるように配慮することや、各工程の作業が前後の工程の作業の遅速に影響されないよう工程間に一定の貯木スペースを設けることが有効である。

⑤ オペレータの配置と多能工化

生産性の向上を図る際には、最小限の人数で作業システムを運用することも重要である。オペレータを各工程に固定的に配置するのではなく、例えば、フォワーダとグラブルのオペレータを兼務させる、各工程の作業の進ちょくにに応じてオペレータの配置を変えることなどにより、それまでと同じ量をより少ない人数で生産できれば、その分、生産性が上がることになる。ただし、各工程間の連携を取りつつ、このようなオペレータの柔軟な配置を可能とするためには、工程管理ができる人材や複数の機械を操作できるオペレータの育成が前提となる。

⑥ 継続的な取組の必要性

高い生産性は一朝一夕に実現できるものではなく、作業システムの運用を最適化していく継続的な取組が必要である。

このためには、作業日報等の分析により各工程の作業量や待ち時間を把握することがまず必要となる。特に待ち時間については、機械の稼働時間の測定事例の中には1日の半分以上が待ち時間という事例もみられるほどであり、1分1秒単位での計測が求められる。その上で、最も処理速度の遅い工程を把握し、その原因を分析し、改善を講じていくという一連のプロセスを繰り返していくことが重要である。

⑦ その他

素材生産の効率化が図られた場合、一日に数十 m^3 の丸太が生産されることになる。この場合、これらの丸太が滞留すると素材生産が滞ることとなるため、土場のスペースを十分に確保するとともに、土場から工場等への運材を確実に実施することが必要である。

事例 I-8 工程間の連携の円滑化

群馬県の素材生産業者であるK社は、素材生産に当たり、伐採しやすくように路網を開設する、グラブブルで木寄せしやすくように路網に対して斜め方向に伐採する、プロセッサで造材しやすくように材の根元側をプロセッサ側に向けて路網の谷側に木寄せする、フォワーダに積み込みやすい位置に造材済みの材を置くなど、工程間の連携の円滑化に努めており、列状間伐の場合、8～13 m^3 /人日の生産性を実現している。



路網の谷側に木寄せされた伐倒木の造材

事例 I-9 生産性向上に向けた継続的な取組

愛媛県久方広域森林組合では、機械の稼働時間や30分ごとの作業内容等をオペレータに記録させるとともに、作業の様子を抽出的にビデオで撮影し、これらのデータの分析に基づき、作業路開設や素材生産等の生産性向上等に努めている。

これまでの取組では、伐倒を担当する作業員に他の工程を兼務させることにより、オペレータを1名減らすことが可能となった。このような取組の結果、生産性が3.0 m^3 /人日から7.2 m^3 /人日に向上するなどの成果を得ている。



ビデオ撮影による作業時間の調査