

第 3 章 生産性とコストのマネジメント

3-1 生産性とコスト

Point 1

少ない労働量で、大きな生産量を生み出して、生産性を向上

(1) 生産性の定義

生産性とは、労働や資本といった資源を投入して、産出物や価値を成果として生み出す際の効率の程度を表したものです。より少ない投入から、より大きな産出を生み出すことにより生産性は上昇します。

$$\text{生産性} = \text{産出} / \text{投入}$$

(2) 労働生産性

生産性のうち、労働生産性とは作業の効率を意味します。投入した労働に対する生産性を示したものです。労働量は、作業時間（時、日）と作業人員数（人）とを組み合わせせた人工数（人時または人日）が単位として主に用いられます。

$$\text{労働生産性} = \text{生産量} / \text{労働量}$$

この労働生産性は、生産作業の現場で従事する労働者によって直接的に影響されるため、林業においても経営者と現場作業者が、その改善を最も意識すべき指標です。

(3) 資本生産性と採算性

ア 資本生産性

資本生産性は経営の効率を意味します。投入した資金（費用）に対する生産性を示したものです。

$$\text{資本生産性} = \text{生産量} / \text{費用}$$

労働を貨幣換算した労務費だけでなく、燃料費や機械経費といったすべての諸費用を含むことから、資本生産性は最も包括的な生産性の指標となります。

イ 採算性

事業の売上高から費用を差し引いて、どれだけ利益が確保できるかを採算性と言います。採算性の有無は、事業の実行そのものの是非を問う経営指標です。採算性を把握するために、費用を固定費と変動費に区別して、その性質を理解する必要があります。

固定費：売上高(生産量)の増減に関係なく発生する費用

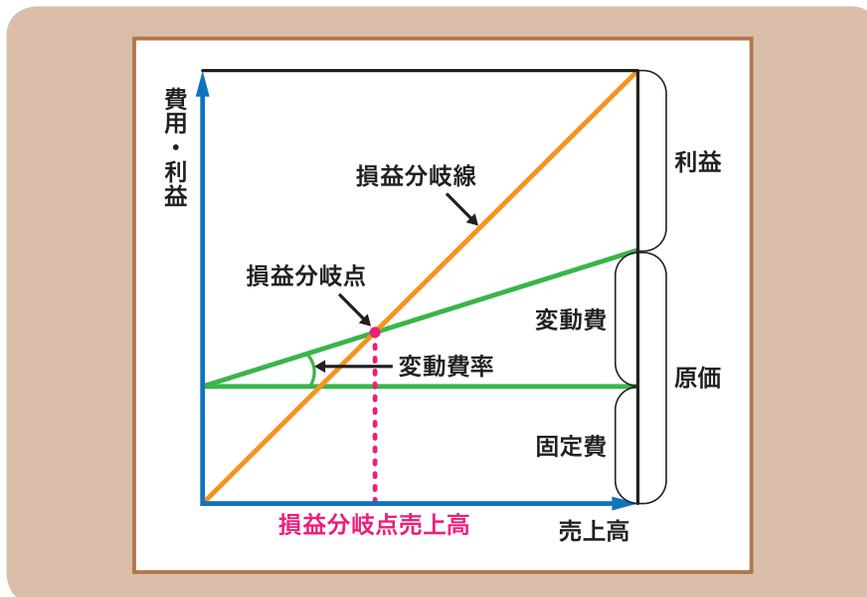
変動費：売上高(生産量)に比例して発生する費用

費用			
固定費		変動費	
・減価償却費	・用地借料等	・労務費*	・機材消耗費
・管理費	・一般管理費	・保守・修理費	・運搬費
・資本利子	・支払利息	・燃料・油脂費	・販売手数料

※労務費は、定額給与であっても、作業量の増加と共に人員数も増加するため、変動費に分類されます。

固定費は売り上げがゼロであっても必ず一定額が発生しますが、変動費は売上高に比例して徐々に増えていきます。売上高に対する変動費の増加率（変動費率）が高すぎない限り、ある一点（損益分岐点）で売上高が費用を上回り、利益を発生することが期待されます。

一方で、固定費の額が多かったり、変動費率が高かったりすると、損益分岐点売上高も底上げされます。このため、利益を発生させるには、事業規模の拡大による、より大きな売上高（生産量）が求められます。



ウ 固定費と変動費の関係

林業経営では、従来型林業機械を使用した場合、固定費（機械投資等）が少なく変動費率（労務費等）が高くなり、反対に高性能林業機械を使用した場合、固定費が多く変動費率が低くなる傾向にあります。

よって、経営の体質改善という観点からは、前者のような変動費型経営では、より付加価値の高い製品の生産を、作業効率良く行うことにより、変動費率を低減させて利益を確保します。一方で、後者のような固定費型経営では、高性能林業機械の稼働率を高め、作業効率の良い生産を行うことにより、事業規模の拡大とそれによる売上高の確保が可能になります。このように、経営者も現場作業員も、所属事業体の経営タイプを明確に理解し、利益の確保へのアプローチをとることが求められます。

3-2 架線作業における労働生産性

架線作業における労働生産性は、以下のように把握することができます。

$$\text{架線作業における労働生産性} = \text{素材生産量(m}^3\text{)} \div \text{総人工数}$$

Point 1

1日あたりの出材量等から現場ごとの素材生産量を把握

素材生産量とは、伐倒から集材、造材、そして搬出といった一連の作業を経て、生産された丸太の量のことです。

架線集材における素材生産量は、集材時の搬器の移動回数に荷掛けした平均的な材積を乗じたもの、プロセッサによる造材時に搭載されたコンピュータによって自動計算される生産量のデータ、土場からトラック何台分の出材量があったかの記録、また市場での検知の結果等を通して把握することができます。

Point 1

作業に従事した人員数に日数を乗じた人工数の合計で、総人工数を把握

総人工数とは、目標とする素材生産量を確保するために、現場で作業した人工数の合計であり、作業日報を用いて、作業ごとに、各作業班が実際に従事した日数を記録することにより把握できます。なお、架線作業においては、作業計画や架設・撤収といった副作業についても把握する必要があります。

3-3 労働生産性に影響する因子

Point 1

労働生産性は、現場条件・作業方法・機械特性により大きく異なる

架線作業における労働生産性は、伐木集材作業の対象となる立木の状況等の現場条件、皆伐・間伐等の施業や路網の配置等の作業方法、保有する集材機械のエンジン出力等の機械特性に大きく影響されます。

現場条件、作業方法、機械特性について、労働生産性に影響を与えると思われる因子を以下に示します(太字で示したものが、特に影響力の強い主要因子)。

現場条件

- ①**単木の材積・重量・形状** ②ha当たりの蓄積量・立木本数
- ③伐区内の径級分布 ④伐区の分布・規模・位置
- ⑤地形・地質 ⑥斜面距離 ⑦障害物と植生密度 ⑧気候 等

作業方法

- ①**施業方法(皆伐、択伐、間伐)** ②索張り方式(架線高と垂下量を含む)
- ③**集材距離・横取り距離** ④**作業システム** ⑤**副作業**
- ⑥**作業員の能力・経験・チーム体制** 等

機械特性

- ①**各作業索の最大牽引力** ②**各作業索の最大牽引速度** ③**主索の最大荷重**
- ④**エンジンの出力** ⑤**各作業索ドラムの巻込容量** ⑥**ドラムの数と種類**
- ⑦**タワーの高さ(タワーヤードの場合)** ⑧**集材機器全体の重量** 等

(1) 現場条件の因子

Point 1

どのような伐区に、どのような立木があるかで、労働生産性が変化

ア 単木の材積・重量・形状

立木1本当たりの材積は、その最大荷重分の材積を集めて荷掛けするのにかかる時間や、1回の荷掛け本数に影響します。材積の大きな立木であれば、1、2本で最大荷重分に達しますが、小さな立木であれば、数本をまとめてから荷掛けして集材する必要があります。

また、曲がり等の形状は、切り落とす材積や、束ね易さの違いにより荷掛け本数に影響します。

イ ha当たりの蓄積量・立木本数

伐区の蓄積量や立木本数は、出材量にそのまま影響します。立木が密に多数あれば、材を大量に、かつ小さな範囲で集めやすくなります。

ただし、小径木の本数が多ければ、大径木に比べて、伐倒や荷掛けに手間がかかるので、生産性は低下します。

ウ 伐区内の径級分布

伐区内の径級分布は、作業全体の効率に影響します。径級分布が均一であれば、同一の作業を繰り返すため、作業効率は高くなりますが、不均一であれば、1本ごとに異なる処理の仕方が求められるため、作業効率は低くなります。

エ 伐区の分布・規模・位置

対象となる伐区が、細切れになって散らばっているのか、1箇所に集約されて集まっているのかは、必要な架設・撤収の回数に影響します。

伐区面積の大小は、索張り1本当たりの出材量に影響します。

位置によっては、路網からの距離が異なるため、架線距離や、器材の運搬等の架設・撤収にかかる手間が左右されます。

オ 地形・地質

地形のうち、主に傾斜に応じて、作設可能な路網の位置、規格、密度が変化するため、それに従って搬入可能な機械、架設可能な索張り方式、集材方向の適否が左右されます。また、急傾斜や、凸凹・シワ等の複雑な地形は、作業全般の効率を低下させます。

地質は、ぜい弱地の場合、作業道の作設が困難になり、支柱に使用できる立木が限定されるほか、埋設アンカーをより深く埋める必要がある等、作業方法に大きな影響を与えます。

カ 斜面距離

起伏の変化により、斜面の距離が異なり、凹凸面が生まれることで、中間サポートの作設の要否や、集材の難易度に影響します。

キ 障害物と植生密度

伐根や倒木、転石等の地表障害物は、集材の効率を低下させます。

下層植生は、稚樹や灌木、ササや草本等の種類やその密度によって、やぶ払いの要否が分かります。

ク 気候

地域の気候は、特に作業が長期になる場合には、気温や降雨・降雪等によって、作業効率や作業そのものの可否に影響します。

(2) 作業方法の因子

Point 1

現場条件に合わせて、どのような作業を行うかで、労働生産性に影響

ア 施業方法（皆伐、択伐、間伐）

施業方法により、伐採率が変化し、伐倒する立木の本数や材積が決まります。

また、間伐や択伐では、残存木の間を通すため、横取り作業に手間取り、皆伐よりも集材に時間がかかります。

イ 索張り方式（架線高と垂下量を含む）

索張り方式により、架設・撤収にかかる時間が異なります。また、横取りを機械型で行うか否かや、地表からの架線高により、集材の効率や範囲が大きく変化します。

主索の垂下量は、主索にかかる張力を変化させるため、その最大荷重にも影響します。

ウ 集材距離・横取り距離

路網の規格や位置・密度が、搬入可能な集材機械やその位置に影響することで、集材距離や横取り距離も変化します。

集材距離と横取り距離の長短は、集材にかかる時間の長短と比例します。一方で、これらの距離は、一度に集材できる範囲を決定するため、伐区全体に必要な架設・撤収の回数にも影響を与えます。ただし、横取り距離が長いと、複雑な索張り方式が必要になるため、架設と撤収により多くの時間がかかるようになります。

エ 作業システム

伐倒、集材、造材、搬出・運搬といった、架線集材作業にかかる各作業の方法や順序は、作業全体の連携具合として、生産性に大きく影響します。

集材と造材といった、複数の作業を同時に行ったり、先行伐倒のように、一つの作業を後に続く作業と切り離したりすることで、各作業間の無駄な待ち時間が変化します。

また、造材を先山か元山で行うかによっては、後に続く作業の方法や量、効率等にも影響を及ぼします。小運搬や搬出等の作業の要否は、作業員の人数や作業日数にも直接影響します。

オ 副作業

地況・林況の調査や作業計画の作成、架設・撤収作業、また作業道の作設等の、生産に直接つながらない副作業にかかる人工数が少なければ、生産性は向上します。

カ 作業員の能力・経験・チーム体制

作業員の能力が、経験の蓄積等によって高まれば、作業の効率が向上したり、作業にかかる人員数が減少したりします。どのような能力を有した作業員が、何人体制で、どの作業に携わるのかは、労働生産性に大きな影響を及ぼします。

(3) 機械特性の因子

Point 1

使用する機械の特性により、選択できる作業方法やその労働生産性が異なる

ア 各作業索の最大牽引力

作業索の径やエンジン出力等により決定される、作業索の最大牽引力は、集材作業1回当たりの荷掛け量に影響します。

イ 各作業索の最大牽引速度

作業索のドラム径やエンジン出力等により決定される、作業索の最大牽引速度は、集材にかかる搬器の移動速度、ひいては時間当たりの搬出回数に影響します。ただし、地曳き集材の場合には、地上の障害物等に引っかからないように配慮して、低速で牽引する必要があるため、その影響力は小さくなります。

ウ 主索の最大荷重

主索の破断強度と垂下量により、主索の最大荷重は決定されます。

主索の最大荷重を、牽引時に主索に瞬間的にかかる衝撃力が上回らないようにする必要があります。したがって、主索の最大荷重に合わせて、この衝撃力を決定する各作業索の牽引力や牽引速度を低く抑えておくことが求められます。よって、主索の最大荷重は、集材作業1回当たりの荷掛け量や時間当たりの搬出回数に間接的に影響を及ぼします。

エ エンジンの出力

集材機械のエンジンの出力は、そのギア比等によって、各作業索の最大牽引力や最大牽引速度を決定するため、主索の最大荷重と並んで、間接的に集材作業1回当たりの荷掛け量や時間当たりの搬出回数に影響します。

オ 各作業索ドラムの巻込容量

各作業索ドラムの巻込容量は、最大集材距離に影響します。

カ ドラムの数と種類

ドラムの胴数や、エンドレスドラムか否かといったドラムの種類によって、選択可能な索張り方式が変化します。

キ タワーの高さ（タワーヤードの場合）

タワーの高さによって、確保が可能な架線高が変化し、ひいては集材作業の効率や範囲、中間サポートの要否に影響を与えます。

ク 集材機器全体の重量

主索・作業索の重量は、その自重による負荷が最大荷重に、ひいては搬器の最大荷掛け量に影響します。また、集材機械の重量は、搬入可能な路網の規格や、必要な控索の作設条件にも影響することがあります。このような集材機器の重量によって、その運搬や架設・撤収にかかる手間も変化します。

3-4 労働生産性の向上策

労働生産性に影響する各因子を踏まえつつ、労働生産性を向上させるため、作業の方法等について工夫します。

ア 施業地の集約化

Point 1

施業地の集約化や作業計画の効率化を検討

索張り1回当たりの集材範囲と集材量を確保するため、隣接する好条件の伐区等との集約化を図り、材が大きく・多く・密な伐区を確保するとともに、より柔軟に効率的な作業方法や架線配置を幅広く選択できる伐区とすることを検討します。

イ 作業システムの効率的な組み合わせ

Point 1

プロセッサの能力を最大限に活かす、待ち時間の少ない作業の連携

架線系作業システムのうち、特に集材機とプロセッサを組み合わせる場合には、集材のペースを造材のペースが上回る事が多く、プロセッサの稼働率が低下し易い傾向にあります。プロセッサの高い能力を最大限に活かすためには、先行伐倒の実施や伐倒人数の追加、半自動運転やラジコン式自動荷外しフックの使用等による効率的な集材を検討します。

また、道端等の限られた面積の土場に集材する場合では、造材した丸太は、その日のうちにトラック等で運搬し、常に土場にスペースを確保する必要があります。各作業間の効率的な連携によって、待ち時間を極力減らし、機械稼働率を高めることにより、より高い生産性の実現を目指します。

作業システムの組み合わせ例

作業	伐倒	集材	造材・積載	運搬	セット
日数	1日目	2日目・3日目			計3日間
人員	3人	1人	1人	1人	3人/日 (延9人)
使用機械	チェーンソー 3台	油圧式集材機 1台	プロセッサ 1台	トラック 1台	重機・車両 3台
時間当たり生産性	15m ³ /時 (24本/時)	7.5m ³ /時 (6回/時)	6m ³ /時 (18本/時)	6m ³ /時 (0.5回/時)	4m ³ /時
一日当たり生産性	90m ³ /日 (144本/日)	45m ³ /日 (36回/日)	36m ³ /日 (108本/日)	36m ³ /日 (3回/日)	24m ³ /日
労働生産性	30m ³ /人日 (48本/人日)	45m ³ /人日 (36回/日)	36m ³ /人日 (108本/人日)	36m ³ /人日 (3回/日)	8m ³ /人日

注：1日の主作業の生産時間を6時間とした場合の、主作業の生産性を上記に示す。
作業システムにおける各工程の潜在的な最大処理能力ではなく、生産性の実績値とする。
伐倒の生産性における本数は立木本数を、造材・積載の生産性における本数は短幹本数を示す。

初日に、先行伐倒を3人で行って90m³を処理し、翌日に、半自動運転が可能な油圧式集材機とプロセッサの組み合わせをラジコン式自動荷外しフックと併用することで、2人1組の全木集材と造材（歩留まり率=80%）を並行し、36m³の短幹材を生産します。造材した短幹材は直接トラックに積み込み運搬します。これを3日目も繰り返すことで、合計72m³の出材量を3人による3日間の作業で確保できることになります。

造材作業を主索下で行う際の危険作業の回避や、荷下ろし位置と造材位置が離れている場合の材の移動のために、グラップルによる小運搬が必要となることがあります。

ウ 最低限の人数による作業

Point 1

半自動運転等の機能を有する機械を利用することで、2名作業が可能

生産性を向上させるためには、最低限の人数で作業を行うことが重要です。不必要な作業や、機械台数・人員数の削減を検討します。

集材から造材までの人員は、最も少人数で行った場合は2名作業となります。最少人数での作業には、半自動運転が可能な集材機械や、ラジコン式自動荷外しフック等の使用が必要です。



油圧式集材機の操作に用いるリモコン



プロセッサ内でドラムの動きを確認

エ 施業方法に合った集材機械と索張り方式の選択

Point 1

施業方法と集材・横取り距離の関係から、最も効率的な集材機械と索張り方式を選択

皆伐、間伐や択伐といった施業方法や、地形の状況によって伐出方法が異なります。

大規模な皆伐では、長距離の横取りに適した集材機によるエンドレスタイラー方式等を選択します。一方で、小面積皆伐や間伐、択伐施業では、集材機によるダブルエンドレス方式や、短い横取り距離で容易に移設を繰り返すことのできるタワーヤードによる索張り方式等を選択します（索張り方式及び作業システムの選択の方法については第4章を参照）。

オ 高い牽引力と牽引速度を有する機械の利用

Point 1

高い牽引力と牽引速度を持つ機械を利用した大量高速集材

主索を用いた索張り方式の生産性は、牽引力と牽引速度の両方によるところが大きいため、高い牽引力による搬出1回当たりの荷掛け量の増加と、高い牽引速度による搬器の走行回数の増加を検討します。

集材機械を数台保有している場合には、より高性能な機械を選択して使用すること検討します。

カ 架線高の確保

Point 1

凹面地での架設を基本として十分な架線高を確保し、集材範囲と搬器走行速度を確保

沢地形のような凹面等に架設し、主索や作業索を地上からより高く張り上げ、集材木を空中に吊り上げて集材できるような架線高の確保を検討します。これにより、長距離の横取りが可能になるだけでなく、集材木が岩石や根株といった障害物や残存木と接触することが少なくなり、搬器のスムーズな走行が可能となります。

また、タワーヤードを用いた場合は、タワー高が10m程度であることから、集材作業の多くが地曳き集材となります。最大索長に近い長距離集材を行うため、また集材木を障害物と接触させないために、中間サポートを用いた一定の架線高の確保を検討します。

このように、十分な架線高を確保することにより、一度の架設作業で、より多くの集材を行い、生産性の向上を図ることを検討します。

キ 全木集材の実施

Point 1

全木集材を基本に、現場条件と作業方法によっては先山造材を検討

伐出方法は全木集材を基本とします。造材作業において、プロセッサによる元山造材は、チェーンソーによる先山造材に比べて、作業工程が高く、安全性の確保が容易です。

ただし、採材基準として長尺材を生産する必要がなく、安全な造材作業が可能であれば、以下のような場合に先山造材を検討することも必要です。



プロセッサによる全木材の元山造材

先山造材を検討するときの現場条件

- ・全木や全幹では、架線の最大積載量を超えてしまう大径材を集材する
- ・小径木の間伐で、一度に大量の本数の材を荷掛けする
- ・間伐等で、集材木を残存木の上に慎重に通す必要がある
- ・架線高が十分にとれず、引きずられた材が残存木や林地を痛める
- ・土場が小さく、枝葉が蓄積すると作業の邪魔になる
- ・作業ポイントと土場が分離しており、狭い路網で小運搬する

ク 効率的な横取りの実施

Point 1

機械型の横取りや架線の張替えにより、効率的な横取りを実施

【施業方法に応じた効率的な横取り】

現地の状況に応じた効率的な横取りにより、生産性の向上を図ることを検討します。

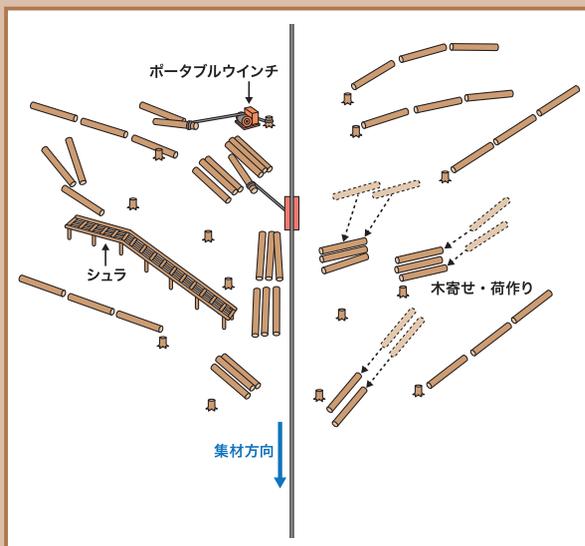
大規模な皆伐では、エンドレスタイラー方式等による、機械型の横取りを行います。引戻索のガイドブロックへの架け替え方法等により、作業効率が大きく異なります（エンドレスタイラー方式での横取りについては第5章を参照）。

間伐や択伐では、横取りをする際に、残存木に傷をつけないように注意深く集材する必要があるため、横取り方法が荷掛けや木寄せ時間に大きく影響します（タワーヤードによる横取りについては第6章を参照）。

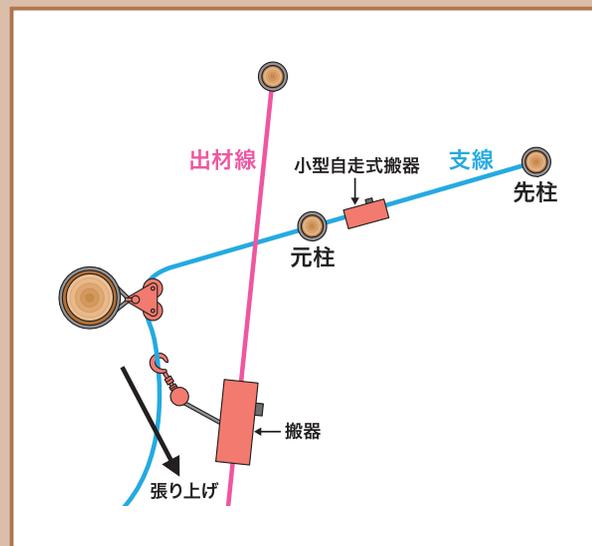
【集中横取り】

複雑な地形等により横取りや張替えが困難な場合や、立木幹材積が小さく、計画した最大限の荷掛け量での横取りができない場合は、小型の自走式搬器や、ポータブルウインチ、プラスチック製修羅等を利用して集中横取りを行い、1回の架設作業に対して多くの出材量を確保することを検討します。

小型の自走式搬器を用いる場合は、横取り用の主索を架設する際に、支線を本線（出材線）の下側で交差するように元柱を取れば、本線の搬器に小型の自走式搬器を吊り下げて運搬し、交差する地点に降ろすことで載せ替えができます。この際、本線の搬器の荷上索を利用して、支線の主索を張り上げれば、作業が容易になります。



ポータブルウインチ等による集中横取り



小型の自走式搬器による集中横取り

ケ 作業計画の効率化

Point 1

作業班が現場の下見を兼ねて、現場調査を実施

現場条件を調査する場合は、現場の下見を兼ねて、架線集材を実施する作業班が行うことで、作業計画の作成にかかる時間を短縮することを検討します。

また、その際に、必要に応じて、やぶ払いを行い、その後の架設・撤収時の移動を容易にすることを検討します。



作業班全員で現場を踏査

コ 架設・撤収作業の効率化

Point 1

簡易で、軽量の、最小限の器材を用いた架設・撤収作業の実施

架線集材では、必ず発生する副作業に架設・撤収作業があり、この作業の効率化を図ることが重要です（エンドレスタイラー方式の架設・撤収作業手順は第5章、タワーヤードの架設・撤収作業は第6章を参照）。

架設・撤収作業では、ガイドブロックやガイライン、台付けロープ等の器材を設置場所まで運搬する必要があります。そのため、必要最小限の器材で架設できるように検討するほか、先柱付近まで作業道を開設することで、器材の運搬・設置にかかる手間を抑えることも検討します。また、主索巻き取り機といった機械やラウンドスリング等を使用するなど、道具や機械を変更して、作業を簡易にすることができます。なお、作業道作設や機械の導入等は、年間の架設・撤収回数やコストを考慮して検討します。



繊維製リードロープを腰部の滑車で引き回し



主索巻き取り機で撤収を簡易化

サ 移動時間の短縮に必要な施設等の整備

Point 1

作業道や歩道を利用した先山への移動で、より長い作業時間を確保

荷掛け作業等のため、先山への移動が長時間かかる場合、先山へ作業員が移動している間に、元山の作業員の待機時間が発生してしまいます。このため、作業道や歩道等を整備して、移動時間と待機時間を短縮し、より長い1日あたりの作業時間の確保を検討します。

作業が長期間にわたる長距離の二段集材や、急斜面での移動が困難な場合などには、作業員が先山に移動するためのモノレールの敷設も検討します。



作業員の移動用モノレール

シ 作業員の訓練

Point 1

作業員のスキルアップによる、作業効率の改善

作業員の習熟度の低さや段取りの悪さが原因で、時間が掛かり増しとなっている場合に、作業員の訓練を行います。各作業員が得意・不得意とする作業や、機械操作を把握して、適材適所となる作業員の育成を行うことが重要です。

ス 機械の整備と更新

Point 1

自前でメンテナンスを行い、作業の中止を回避

適切な使用方法を守って、定期点検や整備を行っているにもかかわらず、機械の故障や修理による遅延時間が増加している場合は、機械の更新が必要となります。また、修理を自前で行うことでも、外注の時間を省き、作業の中止時間を大幅に短縮できます。



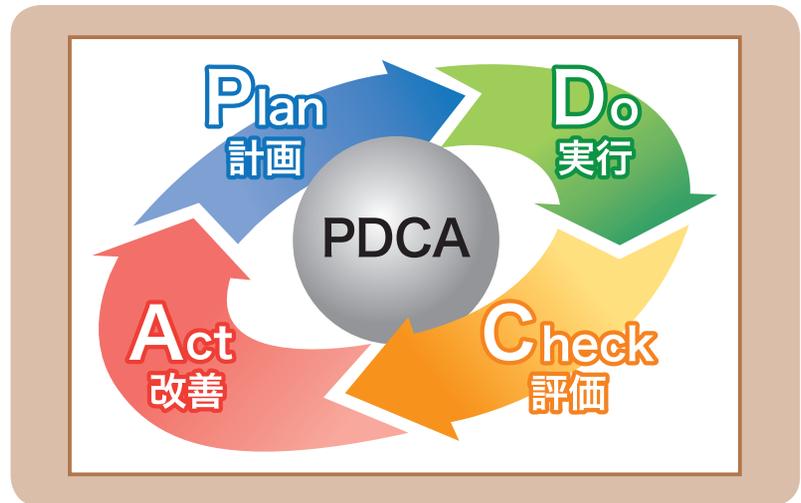
機械の分解点検を実施

3-5 架線作業における労働生産性のPDCA

Point 1

計画・実行・評価・改善のサイクルを繰り返して、労働生産性を向上させる

伐倒、集材、造材、搬出といった一連の架線作業システムの生産性を高めるためには、作業計画の段階から、出材量や作業量、人工数やひいてはコスト等を予測して、最も生産性の高いシステムを検討します。続いて、その作業計画を基にして、実際の作業を行います。実行して得られた出材量や作業量、人工数やコストの実測値を、作業日報等から把握します。



このようにして得られた実測値と、

計画で検討した予測値を比較するとともに、作業者自身による反省から、各作業やその連携に、どのような改善点や策があるのかを分析することで、後のより生産的な作業システムへと反映させていきます。

計画・実行・評価・改善という一連のPDCAサイクルの導入は、作業システムの検討や労働生産性を向上させる事業管理の基本手法として必要不可欠です。

(1) 労働生産性の目標設定

Point 1

素材生産量と総人工数を予測し、その現場での労働生産性と作業日程の目標を設定

施業予定地の労働生産性や作業日程の目標を設定します。

まず、現場条件としての地況と林況を、調査を通して把握し、労働生産性を向上させるための工夫を検討しつつ、作業計画を作成します。この際に、地況による各作業の難易度をおおまかに把握しておくとともに、林況調査では、材積表等を基に立木1本当たりの平均的な幹材積や伐区の立木本数を把握しておくことで、作業量や作業工期を推定する際の参考とします。

続いて、以下に示す作業により、設定に必要な値を求めることで、労働生産性の目標値を得るとともに、作業日程を作成することが可能です。

ア 作業量と作業工程の推定

Point 1

伐倒、集材、造材、搬出・運搬といった作業別に、作業量と工程を推定

最初に把握した蓄積量に対して、設定した作業計画では、どの程度の出材量が得られ、どの程度の作業量が必要になるかを検討します。

各作業で時間当たり、もしくは1日当たりどれだけの作業量を処理できるかといった作業工程を、地況・林況調査の結果や、経験値、時間観測等で求めることで、現地の蓄積量を処理するために何人で何日間必要になるのかを、推定することが可能です。

(ア) 伐倒作業

Point 1

施業方法に応じて、伐採木の本数を推定

【作業量の推定】

林況調査から推定された立木本数に対して、どのような施業方法（皆伐・択伐・間伐）を行うかによって、伐倒する立木の本数が決まります。皆伐であれば、全ての立木を伐倒しますが、間伐であれば、定められた伐採率に応じた本数となります。

$$\text{伐採本数(本)} = \text{伐区全体の立木本数(本)} \times \text{伐採率(\%)}$$

【作業工程の推定】

伐倒の作業工程は、1人1日当たりの伐倒本数で表します。

先行伐倒ではなく、集材や造材作業と並行して行う場合には、それらの作業を伐倒作業のペースに合わせる必要があるため、全体の作業工程を限定することに留意します。

(イ) 集材作業

Point 1

架設・撤収などの人工数に加えて、最大荷重や積載本数から集材回数を推定

【作業量の推定】

最初にどのような大きさの木を（立木幹材積）、どのような形状で伐出するか（全木・全幹・短幹）によって、集材木1本当たりの重量や最大荷重を超過しない一度に荷掛けが可能な本数（最大積載本数）を求め、それに基づいて集材回数を推定します。

まず、集材木の重量については、全木の場合には、枝条や梢端部等の重量も考慮（拡大係数）します。短幹の場合には、立木幹材積に、樹高に対する造材長の比率を乗じて、短幹1本当たりの重量を推定します。

集材木重量(kg/本)

$$\text{【全幹重量】} = \text{立木幹材積}(\text{m}^3) \times \text{比重}(\text{kg}/\text{m}^3)$$

$$\text{【全木重量】} = \text{【全幹重量】} \times \text{拡大係数}(1.3)$$

$$\text{【短幹重量】} = \text{【全幹重量】} \times \text{造材長}(\text{m}) / \text{樹高}(\text{m})$$

次に、集材架線設計計算により算出した、集材1回当たりに搬器に積載できる最大荷重を、積載可能な本数へと換算します。最大積載本数は、安全性を確保するため、スリング1本につき3本までとし、最大積載本数が4本以上の場合は、材積がかさ張り過ぎない範囲でスリングの本数を増やして対応します。

$$\text{搬器の最大積載本数(本/回)} = \text{最大荷重}(\text{kg/回}) / \text{集材木重量}(\text{kg/本})$$

全木・全幹集材の場合は、伐採本数を最大積載本数で除して、必要な集材回数を推定します。短幹集材の場合は、伐採本数に立木1本当たりの採材本数を乗じて造材本数を求め、それを処理するのにどれだけの集材回数が必要かを、最大積載本数で除して推定します。

この際、採材本数は樹高から造材長分が何本採材できるかを求め、梢端部と根元部を除くために、歩留り率を乗ずることで補正計算をして求めます。

集材回数(回)

$$\text{【全木・全幹の集材回数】} = \text{伐採本数(本)} / \text{最大積載本数(本/回)}$$

$$\text{【短幹の集材回数】} = \text{伐採本数(本)} \times \text{採材本数(本)}^* / \text{最大積載本数(本/回)}$$

$$* \text{採材本数(本)} = (\text{樹高}(\text{m}) / \text{造材長}(\text{m/本})) \times \text{歩留り率}(\%)$$

【作業工程の推定】

集材の作業工程は、1人1日当たりの集材回数で表します。

荷掛け、横取り、搬器走行、荷下ろしや空搬器の走行といった集材作業を、何分で1回行えるか検討することにより推定します。

(ウ) 造材作業

Point 1

短幹材積と造材本数から、造材の作業量と出材量を推定

【作業量の推定】

全体の作業量としての造材本数は、伐採する立木本数を立木1本当たりの採材本数で乗ずれば概算が得られます。

$$\text{造材本数(本)} = \text{伐採本数(本)} \times \text{採材本数(本)}$$

立木幹材積を歩留り率で乗じて、1本当たりの採材本数で除すれば、短幹1本当たりの材積が求められます。

$$\text{短幹材積(m}^3\text{/本)} = \text{立木幹材積(m}^3\text{)} \times \text{歩留り率(\%)} \div \text{採材本数(本)}$$

この短幹材積を、全体の造材本数に乗ずれば、この施業地から得られる最終的な出材量が推定されます。

$$\text{出材量(m}^3\text{)} = \text{短幹材積(m}^3\text{/本)} \times \text{造材本数(本)}$$

【作業工程の推定】

造材の作業工程は、1人1日当たりの造材本数で表します。

一般的に、元山でのプロセッサによる造材の時間当たり材積は、集材の時間当たり材積よりも多いですが、集材と元山における造材は並行して行う場合が多いため、集材のペースに合わせて造材を行う必要があります。その場合、時間当たりの造材本数は集材の工程と同じとなることが予想されます。

(エ) 搬出・運搬作業

Point 1

造材本数と最大積載本数から運材回数を推定

【作業量の推定】

作業道の整備状況等によっては、フォワーダ等により造材した土場から集中土場まで搬出してから、トラックで市場まで運搬する場合と、造材した土場からトラックにより市場へ直接運搬する場合があります。

搬出・運搬に使用するトラックやフォワーダ等の最大積載重量を、前述の短幹1本当たりの材積から算出した重量で除すれば、1台に積載することのできる短幹の本数が分かります。あとは全体の造材本数を最大積載本数で除すれば、必要な運材回数が推定できます。

運材機械の最大積載本数(本/回)

$$= \text{最大積載重量(kg/回)} \div (\text{短幹材積(m}^3\text{/本)} \times \text{比重(kg/m}^3\text{)})$$

$$\text{運材回数(回)} = \text{造材本数(本)} \div \text{最大積載本数(本/回)}$$

【作業工程の推定】

搬出・運搬の作業工程は、1人1日当たりの運材回数で表します。

積載にかかる時間と、土場や市場までの距離等をもとに、1日何往復することが可能かを推定します。

(オ) 副作業

副作業としては、地況・林況調査や作業計画等の実際に架線作業を行うに当たる下準備、伐倒にかかる目立てややぶ払い、架設と撤収、元山及び先山までの移動に用いる歩道・作業道の作設や、盤台を含む土場の作設等にかかる人工数の推定も必要です。

イ 労働生産性の目標設定

Point 1

各作業で推定した出材量と人工数から、労働生産性の目標値を設定

最後に、各作業の作業量を、1人で1日に処理できる作業量（作業工期）で除せば、所要人工数が推定できます。

各作業の所要人工数(人日)

$$= \text{作業量(本もしくは回)} \div \text{1人1日当たり作業工期(本もしくは回/人日)}$$

最終的な出材量を、全作業と副作業にかかる所要人工の合計で除すれば、労働生産性の目標値が明らかになります。

労働生産性(m³/人日)

$$= \text{出材量(m}^3\text{)} \div (\text{全作業の所要人工の合計(人日)} + \text{副作業の所要人工(人日)})$$

ウ 作業日程の計画

また、所要人工数を所要人員数で除すれば、所要日数が求められます。

$$\text{各作業の所要日数(日)} = \text{所要人工数(人日)} \div \text{所要人員数(人)}$$

推定した各作業工期での所要日数を割り振り、作業日程を作成することで、全体の作業期間についての、見通しを立てることができるようになります。その際、複数の作業を並行する場合は、作業期間を重複させて考える必要があります。

集材の副作業は、集材前に歩道・作業道・土場の作設と架設を行い、集材後に撤収を行います。

搬出・運搬の作業日程は、土場が一杯にならない頻度で行えるよう造材と並行して調整する必要があります。

(2) 労働生産性の評価手法（作業日報の作成）

Point 1

どこで、誰が、何を、いつ、どれだけ行ったかを記録して、労働生産性を実測

前項で設定した労働生産性の目標に対して、現場作業を行った後、分析のために実際の労働生産性を実測して把握することが重要です。

プロセッサにより自動計算された生産量のデータや、運搬にあたったトラックの延台数の記録、また検知の結果等をもとに、実際の生産量を把握します。また、作業日報を用いて、何人の作業員が、何日従事したかを記録します。そうして、人工当たりの生産量を計算すれば、実測値としての労働生産性が判明します。

その際、出来るだけ精度を高く生産性を把握して、次の作業に活かすために、システム全体だけではなく、各作業の時間や量、機械の稼働状況を、作業日報を用いて記録する必要があります。

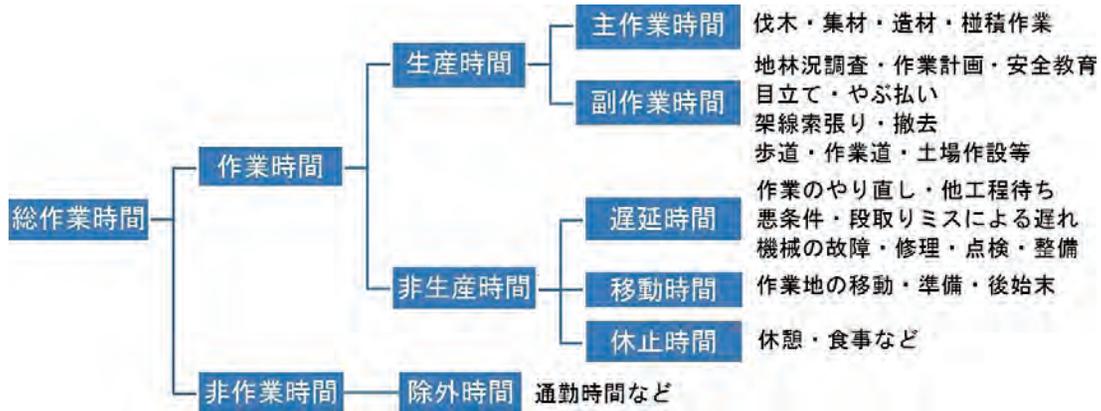
作業日報では、以下の点について記録します。

作業日報の主な記録内容

- ・なぜ（遅延理由、短縮理由等）
- ・どこで（林小班、伐区名）
- ・誰が（人員数、使用機械名）
- ・何を（作業内容）
- ・いつ（作業ごとの実働時間、休止時間等）
- ・どれだけ行ったか（出材量、作業回数、処理本数、集材距離等）

このうち、特に作業時間の記録に際して、作業時間を生産的なものと非生産的なもの、そして、作業に直接関連しない非作業時間に分類します。主作業や副作業にかかった人工数、遅延や移動、作業休止の時間や理由も、併せて記録します。

日頃から作業日報を作成することはもちろん、特に、新しい林業機械の導入直後であること、作業員の経験が十分でないこと等の理由により、作業工程や労働生産性を推測するのが困難な場合には、作業日報を利用した分析を行います。



(3) 労働生産性の改善に向けた取組

Point 1

作業日報をもとに、ムダな時間、人員、機械をなくし、より多くの出材量を確保

各作業の人工数や作業工程、作業全体の出材量や労働生産性は、計画段階で設定した目標値と、実際に作業を行う中で集計した実測値を比較することで、削減できる配置人員、機械や作業、また、短縮する余地のある主作業、副作業、非生産時間の特定を行います。

より少ない人工数でより多くの出材量を確保するために、特定した改善の余地のある点について、どのような改善をすれば良いかを具体的に検討します。

このように、様々な改善に向けた取組を通して得られた経験を、更に次の作業計画に活かすことで、これら一連の作業を繰り返すことが重要です。

また、どのような仕組みで労働生産性が影響されるのかを理解して、記録し、共有することは、経験豊かな熟練技能者と経験の浅い新規従事者間の、重要なコミュニケーションツールとなります。感覚だけではない論理的な労働生産性の見積もりや作業技術の継承が可能となり、作業実績のデータが蓄積することでその精度は増していきます。真に生産性の高いこれからの架線集材システムの構築を目指す上で、この計画・実行・評価・改善の循環は、実に大きな力になります。