

第5章

作業システム選択の考え方

1 作業システムの種類

作業システムは、伐倒した木を森林作業道や林業専用道まで引き寄せる方法（木寄せ）により、集材機やタワーヤードを使用する架線系とウインチの直曳きやグラップル等による車両系とに大別されます。車両系は比較的高い路網密度が要求され、架線系は急傾斜地などの路網密度が限られる作業地や、架線の架設・撤去の手間を考慮しても車両系よりも高い効率を得られるような条件の作業地で採用されています。特に車両系のシステムでは、使用する機械と人の組み合わせにより、多くのバリエーションが考えられます。林地傾斜は路網配置に密接に関連し、作業システムも林地傾斜と路網配置に密接に関連しています。これらの関係を大まかに整理すると、以下の表のようになります。

表6-7 作業システムの例

区分	作業システム	最大到達距離 (m)		作業システムの例			
		基幹路網から	細部路網から	伐採	木寄せ・集材	枝払い・玉切り	運搬
緩傾斜地 (0 ~ 15°)	車両系	150 ~ 200	30 ~ 75	ハーベスタ	グラップル ウインチ	(ハーベスタ)	フォワーダ トラック
中傾斜地 (15 ~ 30°)	車両系	200 ~ 300	40 ~ 100	ハーベスタ チェーンソー	グラップル ウインチ	(ハーベスタ) プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		100 ~ 300	チェーンソー	スイングヤード タワーヤード	プロセッサ	トラック
急傾斜地 (30 ~ 35°)	車両系	300 ~ 500	50 ~ 125	チェーンソー	グラップル ウインチ	プロセッサ	フォワーダ トラック
	架線系		150 ~ 500	チェーンソー	スイングヤード タワーヤード	プロセッサ	トラック
急峻地 (35° ~)	架線系	500 ~ 1500	500 ~ 1500	チェーンソー	タワーヤード	プロセッサ	トラック

(路網・作業システム検討委員会最終報告から一部改変して引用)

注：この表は、現在採用されている代表的な作業システムを、使用されている林業機械により現しつつ、傾斜および路網密度と関連づけたものであり、林業機械の進歩・発展や社会経済的条件に応じて変化するものである。地域において、今後の路網整備や資本装備の方向を決めるに当たっては、地域における自然条件、社会経済的条件を踏まえた工夫や経営判断が必要である。「グラップル」にはロングリーチ・グラップルを含む

2 路網と作業システム

路網と作業システムは相互に密接に関連しています。森林経営計画に記入され、予定される路網は、第3章にあるとおり、現在はもちろんのこと、将来の資源状況や施業を勘案して決める必要があります。その際作業システムと路網は、相互に最適な配置やシステムの選択に影響し合います(表6-7)。路網に応じて最適な作業システムを決めるか、作業システムに応じて最適な路網配置を決めるかは、どちらがより強い制約条件を持っているかによりますが、現在地域の林業事業体が通常採

用している作業システムだけでなく、将来を見据えてより効率の良い作業システムに誘導していくという視点がフォレスターには求められます。

3 作業システムの選択の考え方

実際の作業地に応じた作業システムを選択するにあたっては、林地傾斜や路網密度、さらには送電線、下流の養魚場、付近のレクリエーション施設や観光施設等作業が何らかの影響を与える可能性がある施設の位置などの作業地の制約条件をはじめに勘案しなければなりません。さらに土壌支持力が低い場合や林床植生が攪乱に弱い場合は、例え緩傾斜地であっても土壌保護の観点から林内走行型のシステムは避けざるを得ない場合があります。このようなさまざまな条件を考慮した上で、人（事業体の雇用する技能者の数と能力）、機械（保有する機械とレンタル・リース、新規購入、共同購入等の可能性）、作業（皆伐、列状伐採、点状伐採などの仕様）などの現地条件以外の条件を考慮するとともに、路網の新設の可能性、伐採対象木の樹種やサイズ、土場や作業ポイントの配置、運材の方法（仕分けの必要の有無、トラックの大きさ等）の組み合わせによる生産性とコストのシミュレーションを行います。いくつかのパターンのシミュレーションを行い、単純な生産性や収益性のほか、さまざまな条件を比較検討して決定します。フォレスターには、森林施業プランナーや事業体の検討状況に対して情報収集を行い、必要な観点について検討を十分に行って合理的な選択をしているか、改善の方向へ向かっているか、といった視点でアドバイスすることが期待されます。

このシミュレーションでは、丸太の川下までの流れを組み入れることが重要です。具体的には、丸太の仕分けをどこで行うのが最も高く売れ、コストを抑えられるか、つまり収益が高まるか、という視点が重要です。例えば、素材生産者が仕分けをして製材工場、合板工場、チップ工場などへ直送することにより流通プロセスとその経費（市場や卸売りの手数料、横持ち経費）を省くという方法、山元の作業ポイントから仕分けをせずに全量直接特定の需要者（製材工場、市場等）に納入し、機械選別などにより仕分けを行うことにより、狭い山元土場での積み降ろし、仕分け、巻立てのプロセスを省くという方法、さらに一部（例えばチップ用材）だけを工場に直送して、その他の材を市場へ運搬して選別する方法などが考えられます。このような出荷方法の選択肢は、地域における川中（市場・卸）や川下（製材工場、合板工場、チップ工場等）の業態・配置や山土場の作設における制限などによりある程度限定されます。また、この選択肢によってはトラックを作業ポイントまで入れるために林業専用道を中心とする必要があるのか、山土場で仕分けする場合は森林作業道の延長や密度をどうするのか等、作業システム構築の考え方に直結します。一方、現状と比較してより合理的と思われる選択肢があるか他地域の事例なども研究し、出荷先までの距離、方法毎に適したトラックの大きさ、市場の手数料や機械選別などの機能などを勘案してシミュレーションを行い、新たな方法を提案していくことにより、地域の木材資源の競争力を高めることができる可能性があります。

4 作業システムと生産性

以上のような制約条件を満たした作業システムの中から、生産性の高い、より収益が得られるような作業システムを選択、導入します。それでは、「生産性の高い」作業システムを選択するポイントとは、どのようなものでしょうか？

「生産性」とは、通常労働生産性を意味し、技能者1人当たりの素材生産量 ($\text{m}^3/\text{人日}$) で表します。人件費はコストに占める割合が高いことから、多くの場合生産性の向上がコスト縮減の鍵になります。通常木材生産は数人のチーム(セット)で伐倒から山土場での巻立てまでを行うので、1人当たりの生産性はセット当たりの生産性と異なることに注意が必要です。つまりセット当たりの生産量が同じでも、セット当たりの人数が異なれば、大きく労働生産性は変わります。基本は、「1セットにふさわしい生産量をより少ない人数で」ということになります。ここで「1セットにふさわしい生産量」とは、プロセッサやハーベスタなど、1人当たりの処理能力が最も大きい機械を中心にセットを考えた場合に生産できる最大の量と考えることができます。

例えば、プロセッサは通常1~2分程度で1本の全木伐倒木の枝払い・玉切りを行うことが可能です。つまり1時間に30~40本、6時間で180~240本程度の処理が可能です。1本当たり0.3 m^3 であれば70 $\text{m}^3/\text{日台}$ 、条件が良い場合、高性能のプロセッサであれば80 $\text{m}^3/\text{日台}$ 以上も可能となります。しかしプロセッサがフルにその能力を発揮するためには、他のすべての工程の処理能力がこの処理能力に釣り合うことが必要です。つまりボトルネックとなるような工程を作らない工夫が求められます。

こうしてプロセッサの能力をフルに発揮させ、1セット1日で72 m^3 を生産した場合、セットの人数が4人であれば18 $\text{m}^3/\text{人日}$ 、8人であれば9 $\text{m}^3/\text{人日}$ となります。プロセッサは1時間に40本処理するので、この処理能力をフルに発揮させるためには、他の工程も時間当たり12 m^3 の処理量を確保する必要があります。このためには、全木伐倒に2人、木寄せにグラップルと荷掛けに2人ずつが必要です。また、プロセッサが造材した丸太を4 m^3 積みのフォワーダでトラックでの運搬が可能な土場まで1時間に3往復する必要があります。積み降ろしにはかなりの時間がかかるので、走行時間を往復12分程度とすると、5 km/h の平均走行スピードであれば平均運材距離は片道500mとなります。このセットで合計8人、セットで72 $\text{m}^3/\text{日}$ 、1人当たりでは9 $\text{m}^3/\text{人日}$ の労働生産性となります。理論的には、以上のようにプロセッサなどセットに1台配置する最も処理能力の高い機械をフルに稼働させる組み合わせを検討することになります。しかし、この例では荷掛けとウインチ(グラップル)の組み合わせの2組が1台のプロセッサに向かって同時に木寄せする必要がありますが、このような作業が可能な箇所は、ほとんどないと言わざるを得ません(表6-8)。

表6-8 (例1)セット当たり8人の場合

	全木伐倒	木寄せ	枝払・玉切り	集材	セット
人員配置	2人	2人+2人	1人	1人	8人
使用機械	チェーンソー 2台	グラップル 2台	プロセッサ	フォワーダ	重機4台
セット生産性 m^3/h	12	12	12	12	12
セット生産性 $m^3/日$	72	72	72	72	72
労働生産性 $m^3/人日$	36	18	72	72	9

注：木寄せは、荷掛けとウインチ操作（グラップル）の2人組を想定

そこで、生産性の高いプロセッサとフォワーダを1人で操作することになると、理論的には同程度の労働生産性を確保することができます（表6-9）。

表6-9 (例2)セット当たり4人の場合

	全木伐倒	木寄せ	枝払・玉切り	集材	セット
人員配置	1人	2人	0.5人	0.5人	4人
使用機械	チェーンソー	グラップル	プロセッサ	フォワーダ	重機3台
セット生産性 m^3/h	6	6	6	6	6
セット生産性 $m^3/日$	36	36	36	36	36
労働生産性 $m^3/人日$	36	18	72	72	9

上記の2例はいずれもすべての作業員が手待ち時間を生じない人員配置になっていることから、同程度の労働生産性となっています。この2例の違いは、機械台数当たりの生産性です。例1では重機がフル稼働するのに対し、例2ではプロセッサとフォワーダが交互の稼働となります。これを機械損料からコストの懸かり増しとみることもできます。理論上の最大の生産性を達成するのは、さまざまな制約条件から難しいのですが、作業員と機械の両方の稼働率がより高まるような合理的な配置を追求することにより、労働生産性の向上や機械損料を含めたコストの低減を図ることが可能になります。これらの2例の生産性を改善するオプションにはどのようなものがあるのか、森林施業プランナーや事業体にアドバイスすると仮定してシミュレーションをしてみます。

木寄せの工程を改善するため、ロングリーチのグラップルを導入して木寄せを1人でまかなうと、1セット3人となり、1人当たりの生産性は $12m^3/人日$ に向上します。このオプションは、森林作業道の配置がグラップルによりすべての伐倒木に届くように設計されていることが必要となります。その際、12tクラスのロングリーチ・グラップルが届くのは作業道の中心から12m程度ですので、伐倒した木をすべて直接つかむためには、 $150m \sim 250m/ha$ の路網密度が必要となること、車両価格が通常のグラップルよりも400万円～500万円程度高くなることも考慮に入れる必要があります。現地の条件によって、路網密度を抑えながら作業の組み合わせを工夫することにより、直接つかめる範囲の外にある材だけをウインチで木寄せするなど、さまざまな工夫が考えられます。

また伐倒作業では、樹高20m以上もある伐採対象木を倒すことから、十分な作業間隔が必要と

なります。このため、木寄せと並行作業をする場合にプロセッサの枝払い・造材工程に見合う複数の伐倒手・荷掛手が安全に作業するためには、接近同時作業を避けるための手待ちが生じるなど、非効率になりがちです。こうしたことを防ぐためには、伐倒をその後の工程と切り離して先行伐倒し、独立した工程とすることにより接近作業による危険を軽減するとともに、手待ち時間を解消して効率の向上につながります。

なおスイングヤード、タワーヤード、集材機などの架線系のシステムの場合は、その架設・撤去の効率が生産性に大きく影響しますので、その移動頻度（ライン当たりの生産量）と架設・撤去にかかる労力（人数×時間）なども考慮に入れて、比較検討する必要があります。例えばタワーヤードのスパンを長くとることができ、その範囲すべてが間伐対象である場合は、架設・撤去にかかる人手・コストが相対的に少なくなります。また架設・撤去の作業に習熟することは、生産性の向上に直結します。さらにタワーヤードに中間支持器の位置をあらかじめ入力でき、その前後の減速運転が自動で可能な機種であれば、架設距離が長い場合であっても、配置人数を増加させることなく効率を高めることができます。

このほか、オートチョーカーを使用して荷外しをリモコンで行うことにより、タワーヤード側はプロセッサのオペレーターが荷外しと枝払い・造材を1人でプロセッサに乗ったまま行うことも可能です。このことにより大幅な効率アップが望めるとともに、急傾斜地での荷外し作業に伴う危険を排除することができます。



写真6-5 先進的な架線系林業機械の例

オーストリア製の牽引式タワーヤード。リモコンによる運転や中間支持器での自動減速が5箇所まで可能。