

機械開発・森林作業システム方針（案）

目次

序論	3
第1章. 新たな森林作業システムの目標	4
1. 森林作業システムにおける現状と課題	4
1.1. 我が国における現状・課題	4
1.2. 路網整備の状況と作業システム	6
1.3. 作業システムの評価指標	10
2. 伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿	11
2.1. 地域に応じた森林作業システムの選択	12
2.2. 車両系作業システム	14
2.3. 架線系作業システム	18
2.4. 路網開設における作業システム	20
2.5. 路網の適切な維持管理	20
3. 造林・育林作業の目指すべき姿	21
3.1. 造林	21
3.2. 下刈り・除伐・枝打ち	21
3.3. 獣害対策	22
第2章. 新たな森林作業システムに必要となる高性能林業機械の開発及び改良の指針	23
1. 林業機械開発及び改良のポイント	23
1.1. 日本の地形・地質等による制約条件への対応	23
1.2. 環境対応	24
1.3. 林業機械の遠隔操作化・自動化・無人化（AI、画像認識等）を実現する技術	24
1.4. 林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）	26
2. 推進対象となる高性能林業機械及び要件	28
2.1. ウィンチアシストシステム	28
2.2. 車両系作業システム機械（伐倒・造材）	28
2.3. 架線系作業システム機械（伐倒）	29
2.4. 伐倒機械（その他）	29
2.5. 車両系作業システム機械（集材）	29
2.6. 架線系作業システム機械（集材）	30
2.7. 林地残材処理	31
2.8. 運送機械	31
2.9. 造林・育林用機械	31

2.10. その他機械	32
2.11. 現場技術者の装備の高度化	32
3. 推奨される開発体制	33
3.1. 機械開発における開発体制	33
3.2. 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）	33
第3章. 新たな森林作業システム普及定着の条件整備	34
1. 利用組織等の整備	34
2. 路網の整備	34
3. 通信環境の整備	34
4. 環境への影響に配慮した機械作業の実施	35
5. 普及指導体制の整備	35

序論

我が国の森林は、これまでの先人の努力等により、戦後造成された人工林を中心に蓄積量が増加しており、近年では、本格的な利用期を迎え、主伐による伐採面積が増加している。林業の成長産業化に向けて、充実した人工林資源を利用することは、国土の保全、水源のかん養等の森林の有する公益的機能の発揮に資すると共に、循環型社会の構築や地域の経済・雇用の創出等の観点で重要である。

このような状況に対応し、低コストで効率的な林業経営を通じて適切な森林の整備を推進するため、高性能林業機械の導入を促進し、生産性の向上、省力化、労働強度の軽減及び労働安全性の改善を図っていくことが重要であり、従来、高性能林業機械化促進基本方針（平成3年9月11日付け農林水産省公表。以下「旧基本方針」という。）に基づき、我が国の地形や樹種等に適した伐出用及び育林用の高性能林業機械の開発及び実用化並びに高性能林業機械を中心とした作業システムの構築といった措置を講ずるとともに、各種の助成措置を通じてその普及定着が進められてきたところである。

しかしながら、

- ① 充実した人工林資源の大径化への対応
- ② 人口減少社会・高齢化社会の進展による労働力不足の深刻化
- ③ 気候変動により全国各地で頻発する前線や台風等による豪雨による甚大な山地災害
- ④ 日本国民の生活スタイルや志向の変化に加えて、新型コロナウイルスの影響による企業経営や働き方、生き方の価値観、ライフスタイルの大きな転換の動き
- ⑤ ICT・AIを活用した林業イノベーション、林業DXの進展

等、森林・林業を取り巻く状況は変化している。

林野庁では、令和3年度に「林業イノベーションハブセンター（以下、「森ハブ」という。）」を設置し、異分野の技術探索や先進技術方策の検討を行う中で、これまでの機械開発と森林作業システムの評価や課題の整理、昨今の情勢を踏まえた今後の機械開発・森林作業システムのあり方についても検討を行い、旧方針の見直しについて議論を重ねてきた。

豊富な森林資源を「伐って、使って、植える」という形で循環利用する上で必要となる機械開発の方針と、路網と高性能林業機械を適切に組み合わせた森林作業システムの発展の方向性を示すため、森ハブにおける専門委員会での議論と、学識経験者や林業事業体へのヒアリングを踏まえ、旧基本方針を機械開発・森林作業システム方針（以下、「新方針」という。）に改訂し、機械開発と森林作業システムの規範となる将来像を示す。

第1章. 新たな森林作業システムの目標

1. 森林作業システムにおける現状と課題

1.1. 我が国における現状・課題

● 森林作業システムの現状

- ・ 森林作業システムとは、木材生産現場における、「作業」と「機械」と「人」の有機的な組み合わせであり、立木の伐倒（伐木）、木寄せ、枝払い及び玉切り（造材）、林道沿いの土場への運搬（集材）、極積といった複数の工程の作業プロセスである。
- ・ 作業システムとしては、大きく分けて、林内に路網を整備し、伐採、搬出等に車両系の林業機械を用いて行う車両系作業システムと、伐採は人力（チェーンソー）で行い、林内に架線を張り集材を行う架線系作業システムとがある。一般に車両系作業システムは架線系作業システムよりも生産性が高いが、急峻な地形が多い我が国では架線系作業システムが適した地域もある。現状の森林作業システムの例は、以下の図のとおりである。

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	スイングヤーダ タワーヤーダ	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	スイングヤーダ タワーヤーダ	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	タワーヤーダ	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整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

図 1-1 森林作業システムの例（出典：森林総合監理士（フォレスター）
基本テキスト（令和3年度版））

- ・ 林業イノベーションの推進により機械の自動化・無人化・遠隔化が進めば、現行の森林作業システムでは対応困難な事象が生じる可能性があるため、新方針において見直すこととする。

● 高性能林業機械の普及状況

- 高性能林業機械を導入することで森林作業システム当たりの人工数を減らすことができ、生産性の向上が期待される。我が国において高性能林業機械の導入は昭和 60 年代に始まり、近年では、路網を前提とする車両系のフォワーダ、プロセッサ、ハーベスタ等を中心に増加しており、令和元(2019)年度は合計で 10,218 台が保有されている。

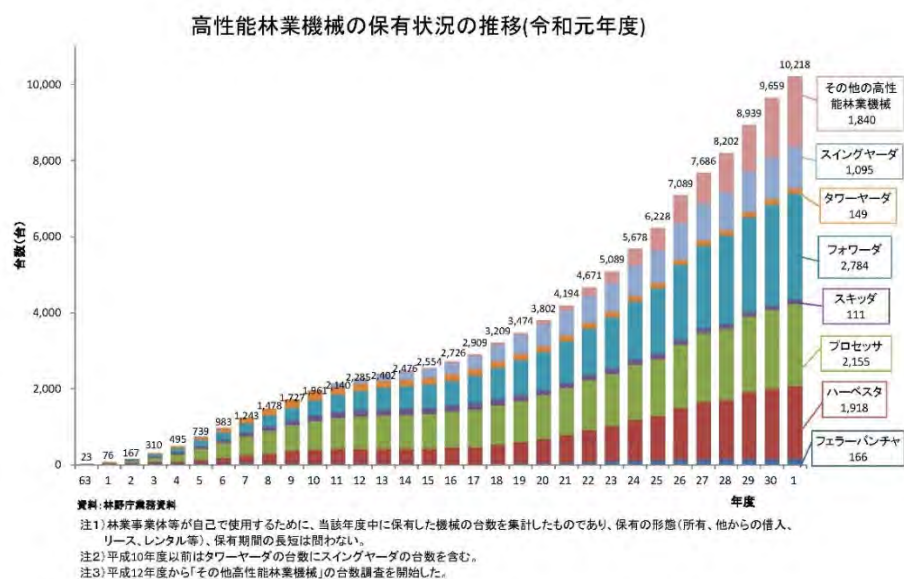


図 1-2 高性能林業機械の保有状況の推移（令和元年度）

● 少子高齢化による生産効率向上の必要性

- 人口減少社会・高齢化社会が進み、国内における労働力人口は減少傾向にあり、林業従事者数の減少も傾向にある。こうした状況の中で、伐採搬出・造林事業等の林業生産活動を維持・向上させるためには、引き続き、新たな林業機械の導入や合理的な森林作業システムの選択により一層生産効率を向上させる必要がある。

● 労働災害防止の観点

- 林業労働における死傷者数は長期的に減少傾向にあるものの、林業における労働災害発生率は、令和元(2019)年の死傷年千人率でみると 20.8 で全産業平均の 9.4 倍となっており、安全確保に向けた対応が急務である。
- 特に、死亡災害が最も多い伐木工程は、機械化による林業従事者の安全性確保が最も必要な工程である。

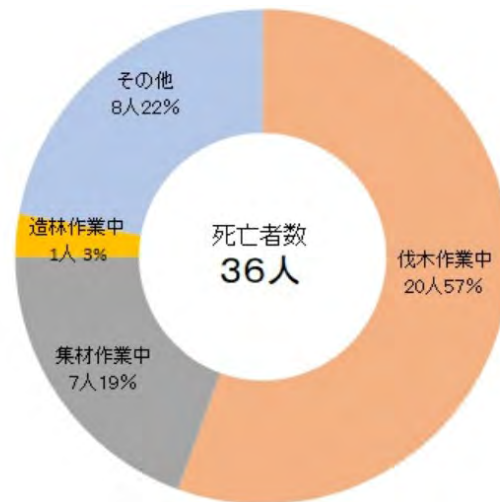


図 1-3 作業種別死亡災害発生状況（令和 2 年度）

- **機械開発におけるユーザー意見反映**
 - ・ 欧米では林業事業体、機械開発メーカー、アカデミアがそれぞれ連携し、現場のユーザー意見を反映した機械開発が行われている一方、我が国における機械開発は、林業事業体のユーザー意見が反映されていない事が多い状況にある。このため、我が国でもユーザー意見を取り入れた機械開発を進めていくことが肝要である。
- **山間部における林道等道路網の長寿命化**
 - ・ 我が国の山間部における林道等の道路網インフラは老朽化が進行しており、長寿命化に向けたメンテナンスサイクルの構築を図ることが必要である。定期的なメンテナンスを行うことにより、林道等の道路網インフラの長寿命化を図り、持続可能かつ利用者が安心して使い続けられるインフラ整備を進めていくことが必要である。
 - ・ 加えて、川上に位置する林道の整備のみならず、林道に至るまでの都道府県道や市町村道等との接合点でのボトルネックの解消や、これらの公道等自体の整備も不可欠である
- **施業地の確保**
 - ・ 機械や森林作業システムを選択する前提条件として、小規模分散的な森林の施業地を集約化し、安定的な施業地の確保が必要である。この確保に向けた技術の確保や法律等の社会的制約についても検討していく必要がある。

1.2. 路網整備の状況と作業システム

- **我が国の路網整備の現状**
 - ・ 路網は、国道、都道府県道などの公道、農道、そして林道、さらに森林内での作業に用いる作業道で構成される。我が国の令和元年度末の森林内の路網密度は

23.0m/ha となっている。

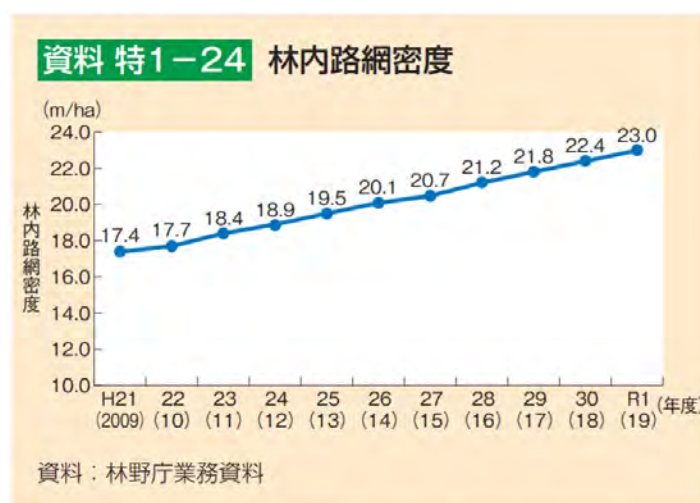
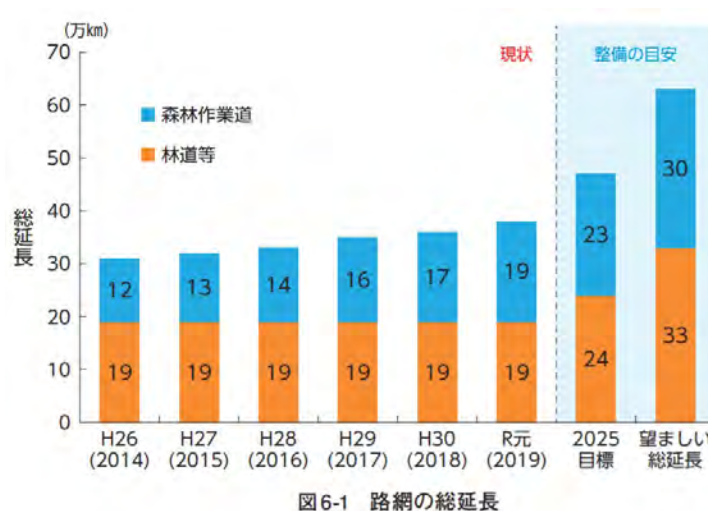


図 1-4 我が国の林内路網密度（出典：令和 2 年度 森林・林業白書）



資料：林野庁業務資料
注：林道等には、「主として木材輸送トラックが走行する作業道」を含む

図 1-5 我が国の路網の総延長（出典：森林総合監理士（フォレスター）基本テキスト（令和 3 年度版）

- 我が国と諸外国の路網密度を比較すると、下図 1-6 が示すように、我が国の路網密度が 23m/ha に対し、ドイツ（旧西ドイツ圏）は路網密度が約 118m/ha となっており、オーストリアは約 89m/ha となるなど、諸外国では森林内の路網整備が進み、生産性の高い作業システムが定着している。

- ・ このため、路網整備の推進により林業の就労環境の改善を図るとともに、高性能な林業機械の積極的な活用による林業生産性の向上、木材等の効率的な輸送のための条件整備を進めていくことが急務である。

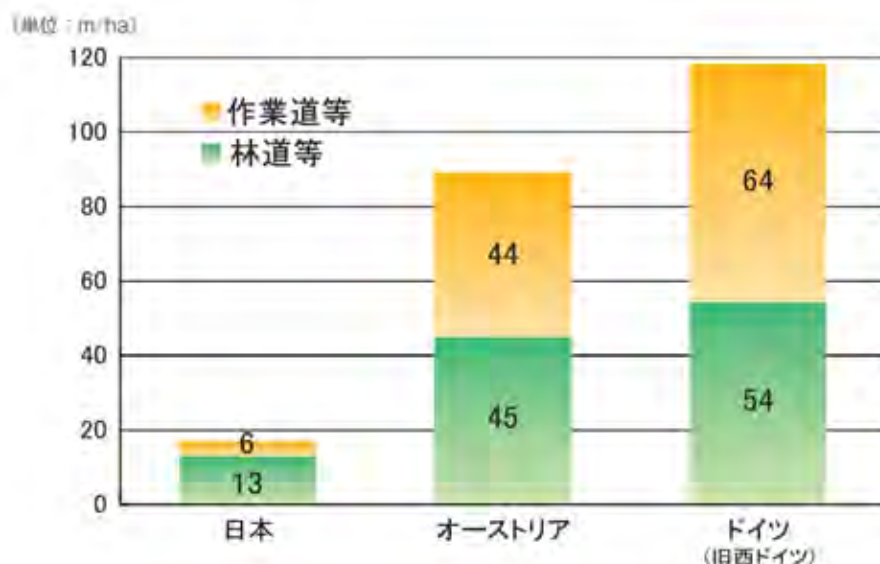


図 1-6 林内路網密度の諸外国との比較

● 路網密度、地形・地質と作業システムの関係性

- ・ 近年、前線や台風等に伴う豪雨の頻発に伴い、山地災害が激甚化・多様化し、大規模な崩壊や土石流、流木・風倒木等の被害が増加している中で、路網の開設に当たっては、傾斜区分、地形、地質、土壌等に十分配慮した壊れにくい道づくりを進める必要がある。
- ・ 森林作業システムにおける木材運搬用トラックが通行可能な幹線道から対象林地までの距離は、車両系システム・架線系システムを問わず 500m 以内程度が望ましい。
- ・ 森林作業システムの区分は、必ずしも路網密度や傾斜のみで決定されるものではなく、土質による区分も重要である。土質によっては傾斜角 15 度程度まではハーベスタ等の林内走行が可能であり、そういった箇所では路網が必要ない場合もある。
- ・ 集材時に使用するウインチは作業効率が低下する恐れがあるが、路網密度が 150m/ha 程度の場合、ウインチが不要となるケースもある。ウインチの使用に当たっては、伐倒木と路網との距離を勘案して決定する必要がある。
- ・ 地質や地盤が安定している地域においては、急傾斜地であっても路網の開設が可能な場合がある。逆に、地質や地盤が弱い地域や土壌の攪乱が懸念される伐出現場においては、例え緩傾斜地であっても、架線系システムも選択肢とすることが

求められる。

- ・ 将来的にも、急傾斜地における高密度な路網の整備は限界があるため、一部の作業システムにおいては、人間による作業も残る可能性がある。

- **必要となる幅員の基準（重機サイズと幅員）**

- ・ 我が国の林道においては、幅員や回転半径（R）、耐荷重（橋梁）等の制約条件から、大型の林業機械が入らない現場が多く、林道等の路網開設に当たっては、導入する林業機械に適した規格の路網を導入する必要がある。目安としては、0.20 m³クラス以下であれば幅員 2.5 m、0.25 m³クラスであれば 3.0m、0.45 m³クラスであれば 3.0～3.5 m、0.7 m³クラスであれば 3.5 m が必要となる。
- ・ 一方、地形条件等の制約により、大型の林業機械の通行に見合った幅員を確保できない可能性もあり、その場合は次善の作業システムを検討し、現在の路網幅員に適合する規格の林業機械を選択せざるを得ない場合もある。

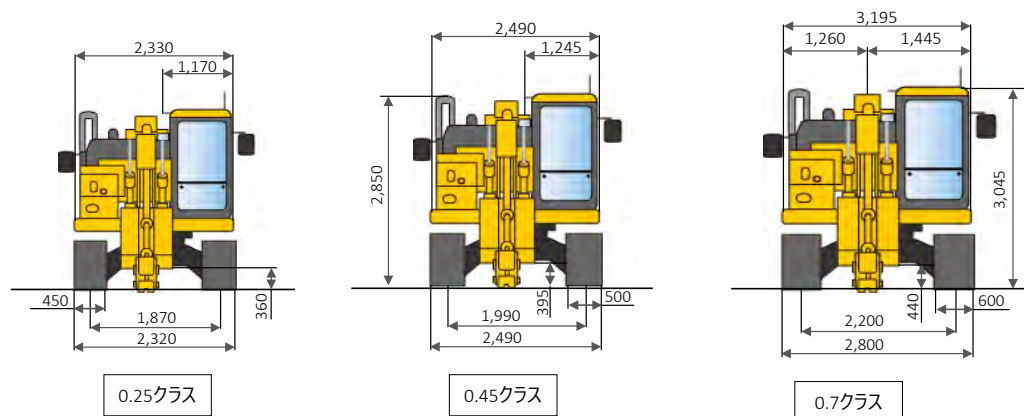


図 1-7 重機サイズと車幅

- **今後の我が国における路網整備方針**

- ・ 車両系システム、架線系システムいずれの作業システムを利用する場合においても、効率性や安心・安全の観点から路網整備は重要であり、大型の林業機械等の搬送・配置や木材の大量輸送に対応するため、地域の状況を踏まえ、幹線道路となる林道・林業専用道と森林作業道を適切に組み合わせて配置していくことが望ましい。

- **尾根林道の重要性**

- ・ 作業システムを問わず効率的な集材を実施するための路網配置としては、尾根林道を整備することが重要となる。尾根林道から伐採・搬出作業を行えば、国内の林業機械のみならず、同様の尾根林道からの作業システムを有する海外の林業機械も導入することが可能となる。傾斜や土質で高密度の路網を設置できないところでは、安定した尾根林道を作ること、架線系システムや車両系のウインチ

アシストシステムを採用するなど、柔軟な対応が可能となる。

○ ゾーニング

- ・ 今後の作業システムの検討を含む林業イノベーションには、経済林や環境林を区分するゾーニングの観点が必要であり、特に経済林の定義や範囲の特定が重要となる。ゾーニングの観点を取り入れ、かつ経済林においても環境に配慮した作業に留意しつつ、森林資源活用をしていくことが肝要である。ゾーニングは路網整備の進捗等、条件整備により可変であり、定期的な見直しが必要となる。
- ・ 路網を開設できる傾斜角の限度は 35 度程度であり、それ以上の傾斜角の場所で架線集材も困難な場合は、環境林に区分することも検討できる。

○ 路網整備

- ・ 作業道と集材用の一時的な作業路は区別する必要がある。無秩序な作業路の開設は林地の攪乱を招き、山地災害の素因となる恐れがあるため、環境へ配慮し、森林内への影響を最小限にできるよう考慮した上で、繰り返し使用できる路網整備を進める必要がある。

1.3. 作業システムの評価指標

- ・ 現在の国内林業における森林作業システムの生産性の指標は、労働生産性(=m³/人日)が主となっている。
- ・ しかし、今後機械の自動化・無人化が進展するにつれ、施業コスト全体に占める機械経費の比率が高まる一方、人件費の比率は低下していくため、従来のような労働生産性指標だけでは、適切な経営判断を行えない可能性がある
- ・ このため、作業システムの評価指標は労働生産性だけでなく、「作業グループ当たりの生産性」「生産コスト」といった新しい指標も組み合わせ、作業システムを検討することが必要となる

● 新しい評価指標の検討

○ 作業グループ当たり生産性 (m³/グループ・日)

- ・ 労働生産性ではなく、複数の作業員並びに林業機械から構成される作業グループにおける伐採・造材・集材・運材まで全てを含めた「作業グループ当たり生産性 (m³/班・日)」を新たな指標とすることも考えうる。この場合、作業システム全体として 1 日当たりどれだけの素材生産量を達成できるかが問われることとなり、生産性の改善のみならず、工程間の生産性管理や木材の安定供給の面でも有効な指標になると考えられる。

○ 生産コスト (円/m³)

- ・ 森林作業システムの生産性向上の目的は、伐採・搬出にかかるコストを削減することにあるため、m³当たりのコストそのものを指標とすることも考えられる。
- ・ この場合、人件費のみならず、機械経費や燃料といった他のコスト要素も加わるため、作業システム全体のコストを削減する上で重要な指標となる。その他の指

標

- 今後、作業システムの最適化を検討する上において、生産性向上や生産コスト削減という観点だけでなく、作業者の労働安全確保や、林業作業が環境に与える影響を低減するという視点も重要となる。そのためこれらの要素を含めて総合的に作業システムを評価できる新たな指標を検討する必要がある。

2. 伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿

● 自動化・無人化・遠隔化の進展

- 近年、AI 等の先端技術が普及し、あらゆる産業において自動化・遠隔操作技術が著しく発展している。今後の人口減少社会を見据え、林業作業における機械化・省力化も一層の推進が必要であり、新たな森林作業システムにおいて自動化・無人化・遠隔化を進展させ、少人数でも伐採搬出が可能となる森林作業システムを構築することが重要である。
- 以下では、自動化・無人化・遠隔化の概念整理を行うとともに、現状の機械開発事例を記載した。

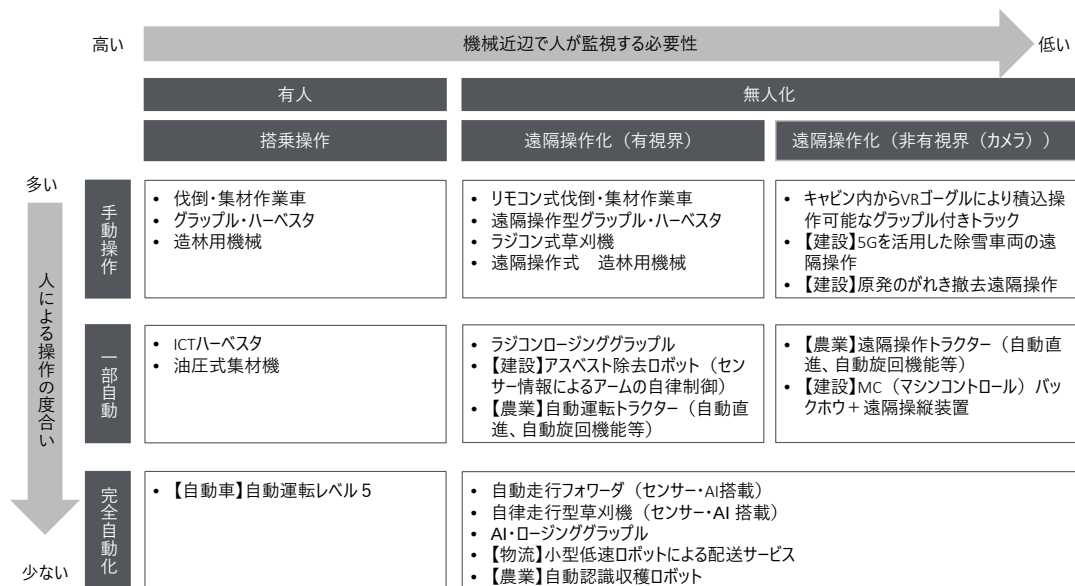


図 1-8 自動化・無人化・遠隔化の概念整理と機械の例

● 直近で実装可能な森林作業システム／遠い将来像

- 新方針では、現在既に実用化している高性能林業機械等で構成できる「①直近で実装可能な森林作業システム像」と、今後の林業イノベーションの推進により新たに実現可能となる「②将来の目指すべき姿（遠い将来像）」の2つの将来像を描いている（図 1-9）。
- 当面、林業事業体は直近で実装可能な森林作業システム、またはそれと同等な生産性や経済性を有する森林作業システムの導入を目指すとともに、機械開発メーカーは、研究機関等と連携し、ユーザー意見を反映しつつ、遠い将来像の実現に

向けた機械開発を進めていくことが期待される。

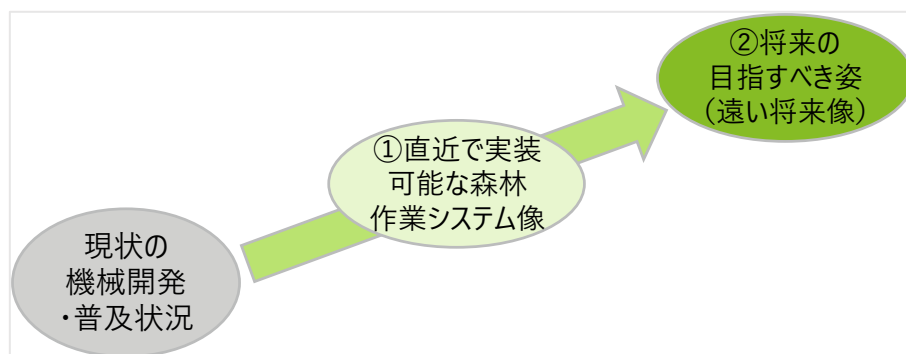


図 1-9 森林作業システムの目指すべき方向性

2.1. 地域に応じた森林作業システムの選択

- ・ 今後の機械開発の方向性を示すため、森林作業システムを車両系システムと架線系システムに大別し、さらにそれらを傾斜・路網条件等により再区分し、4 種類にモデル化した。
- ・ 車両系システム、架線系システム、いずれの森林作業システムを選択する場合においても、幹線林道と支線・分線からの集材距離、利用する林業機械、傾斜、地形・地質・土壌条件といった要素の検討が重要である。以下に、これらの諸要素によって選択可能な森林作業システムのフローチャート案を示す。
- ・ なお、森林作業システムは森林資源や路網整備の状況等、各地域に適したシステムを選択することが望ましい。

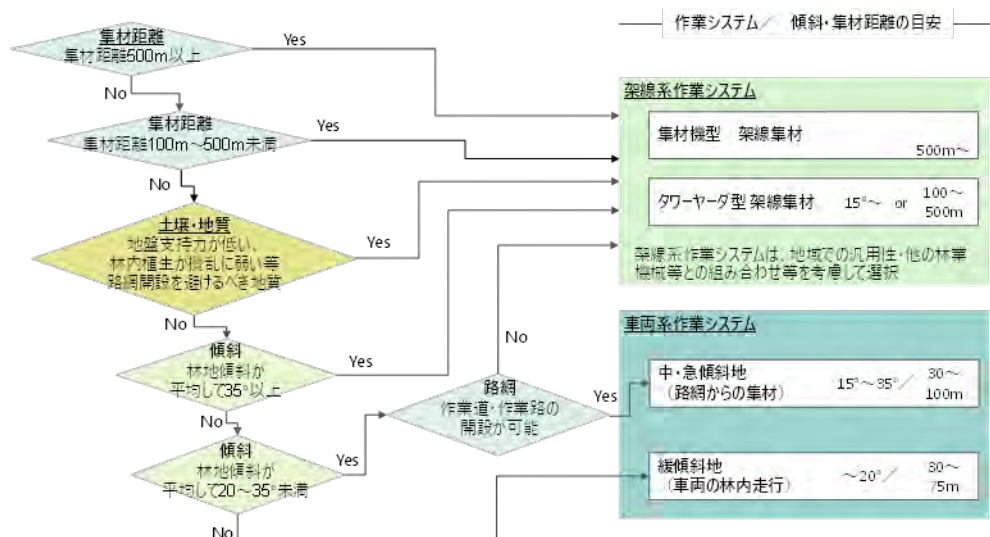


図 1-10 森林作業システム選定のフローチャート

● 森林作業システム選択にあたっての考慮事項

○ 作業工程の合理化

- ・ 森林作業システムの類型を問わず、伐採から搬出に至る各工程は生産性の観点か

ら極力少なくする必要がある、例えば伐出後の運送用トラックへの積載工程は、フォワーダの工程を省略して、造材後に直接トラックへ積載する等の検討が可能である。現状は中間土場での積み降ろしにかなりの時間を要しており、路網や土場の条件が適していれば、運送用トラックへの積込を直接行うことも検討する必要がある。

○ フォワーダ活用時の注意点

- ・ フォワーダから運送用トラックへの積替時には単独のグラップルを活用した方が効率の良い場合もあり作業条件に適した機械の選定・配置が求められる。
- ・ フォワーダの導入は作業システムの工程数を増やすため、路面処理がされた路網においては小型トラック等による運搬を検討できる。また、全木・全幹集材可能なクラムバンク型のスキッドが導入できない箇所では、フォワーダが求められる。
- ・ フォワーダの運搬距離は作業効率の観点から、1,000m 以内とすることが望ましいが、フォワーダの性能や現場条件によって理想運搬距離は変動するため、留意が必要である。

○ タワーヤード活用の判断

- ・ 地形によっては上げ荷用のタワーヤード活用の安全性が高く、生産性も高い。
- ・ イタリアでは 1,000m の索張が可能な長距離タワーヤードが普及しているが、我が国の地形条件は単一で長い斜面が少ないため、タワーヤードの索張距離は 500～600m 以下とし、設置に当たっては作業ポイントの選定に留意する必要がある。
- ・ 我が国の地形条件では、集材スパンが 300m を超えると中間指示器が必要となるケースが増加することにも留意が必要である。

○ 緩傾斜地の作業システム選択

- ・ 森林資源のカスケード利用の有無により全木、全幹、短幹集材方法の選択は、異なり、皆伐後の地拵え等の工程を省力化するためにはクラムバンク型機械の選択が優位になる。
- ・ 欧州では CTL (Cut to Length ; 短幹集材) システムが主流となっている。我が国でも緩傾斜地では、CTL と同等のシステムの導入が可能であり、生産性の向上が期待できる。
- ・ 我が国の一定の傾斜があるエリアに関しては、林内走行型のフォワーダの導入は困難であるものの、作業道等の路網走行による CTL に近い作業システムの導入は可能である。

2.2. 車両系作業システム

- 以下では、4つの森林作業システムモデルそれぞれにおいて「直近で実装可能な森林作業システム」と「将来の目指すべき姿」の2種類の姿を示す
- 尚、作業システムイメージの見方については下図を参照

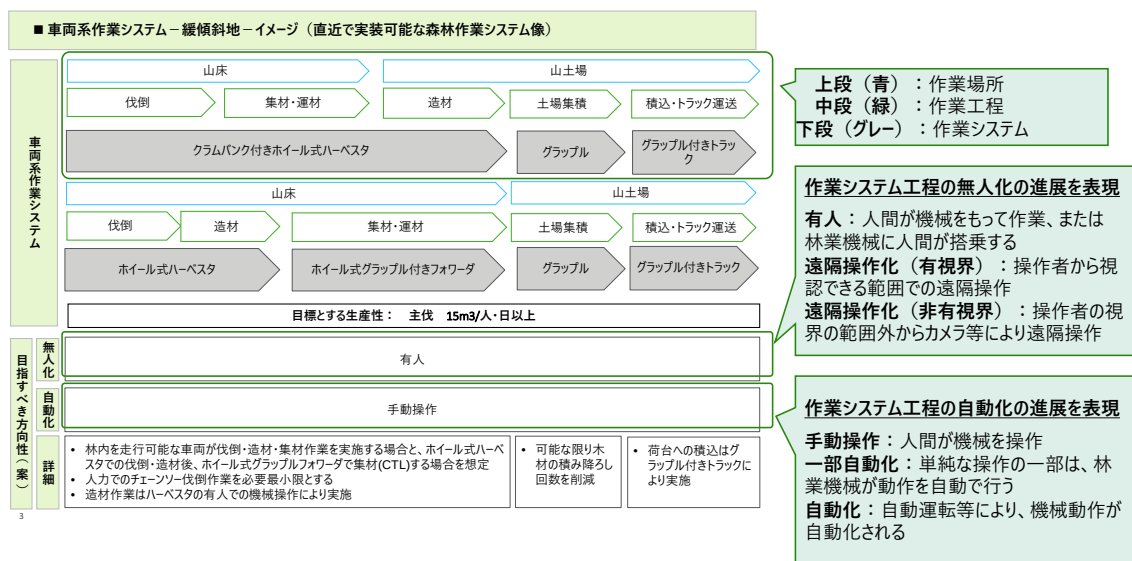


図 1-11 森林作業システムイメージ図の見方のポイント

2.2.1. 緩傾斜地

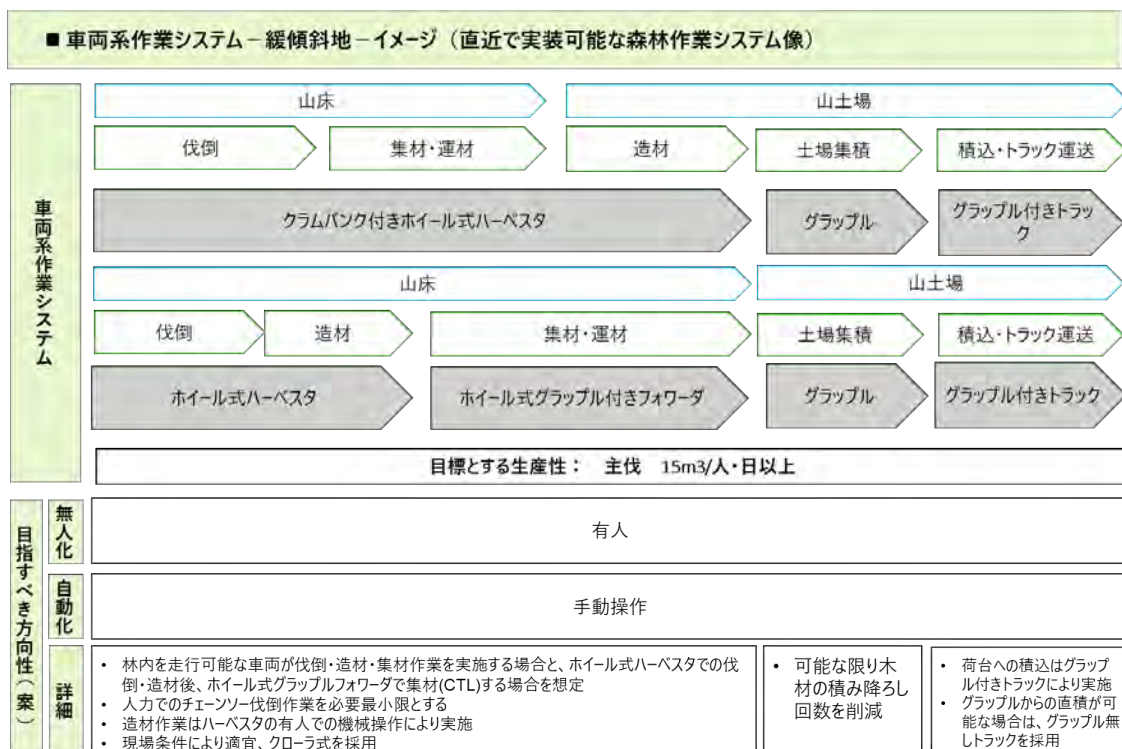


図 1-12 車両系作業システム－緩傾斜地①－（直近で実装可能な森林作業システム像）

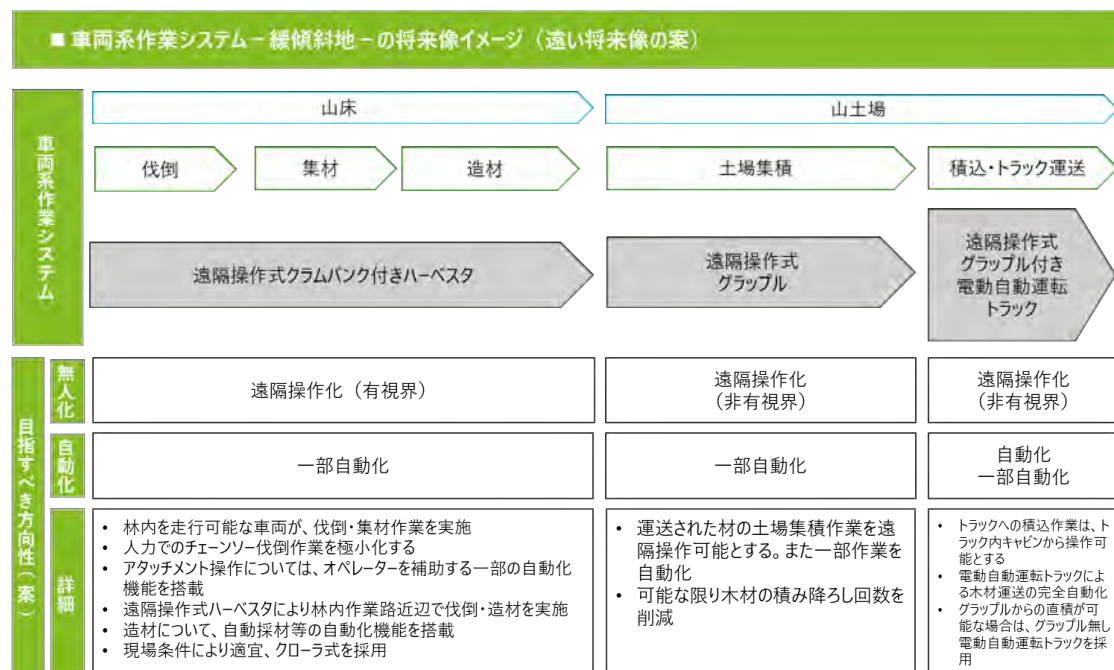


図 1-13 車両系作業システム－緩傾斜地①－（遠い将来像）

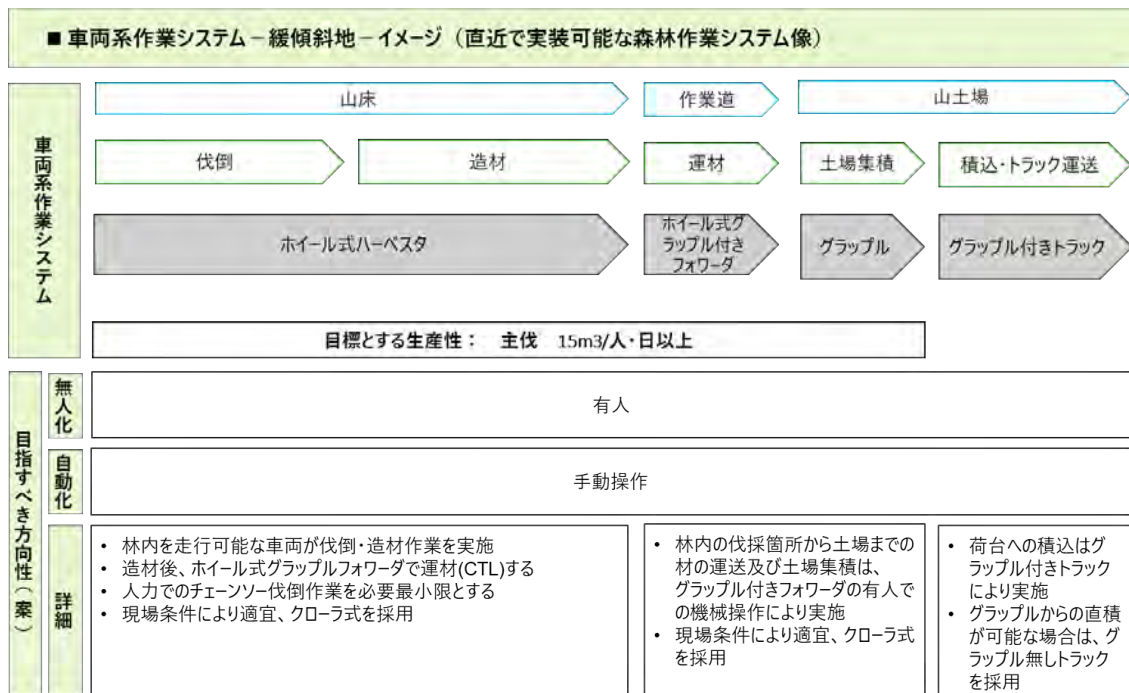


図 1-14 車両系作業システム－緩傾斜地②－（直近で実装可能な森林作業システム像）

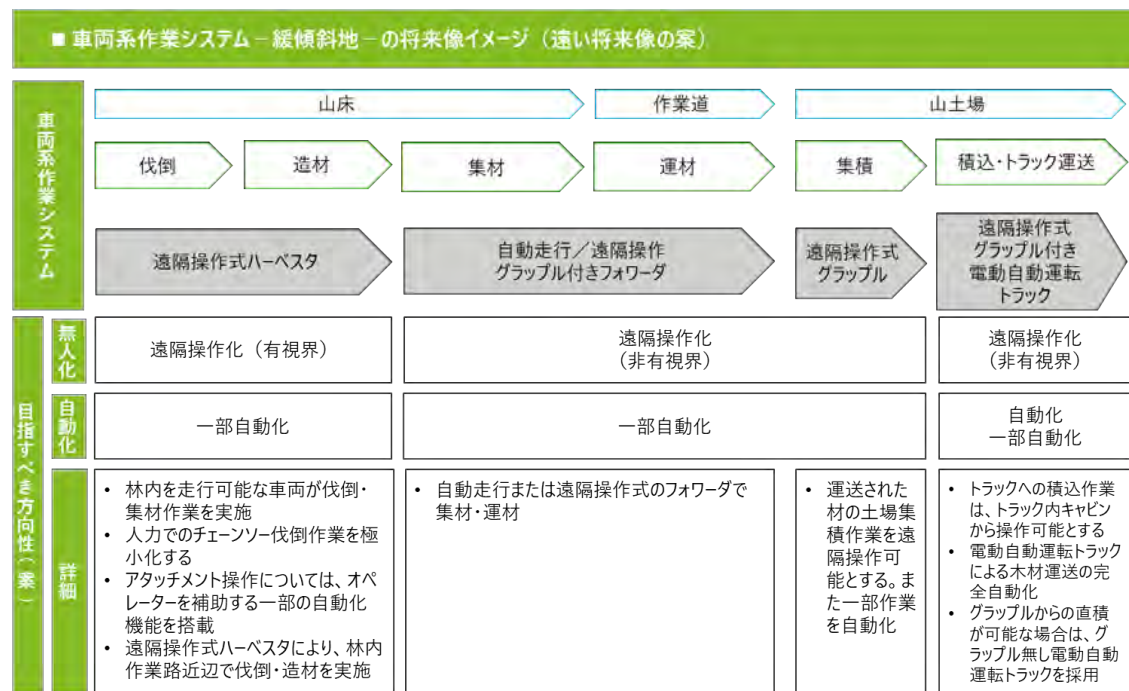


図 1-15 車両系作業システム－緩傾斜地②－（遠い将来像）

2.2.1. 中・急傾斜地

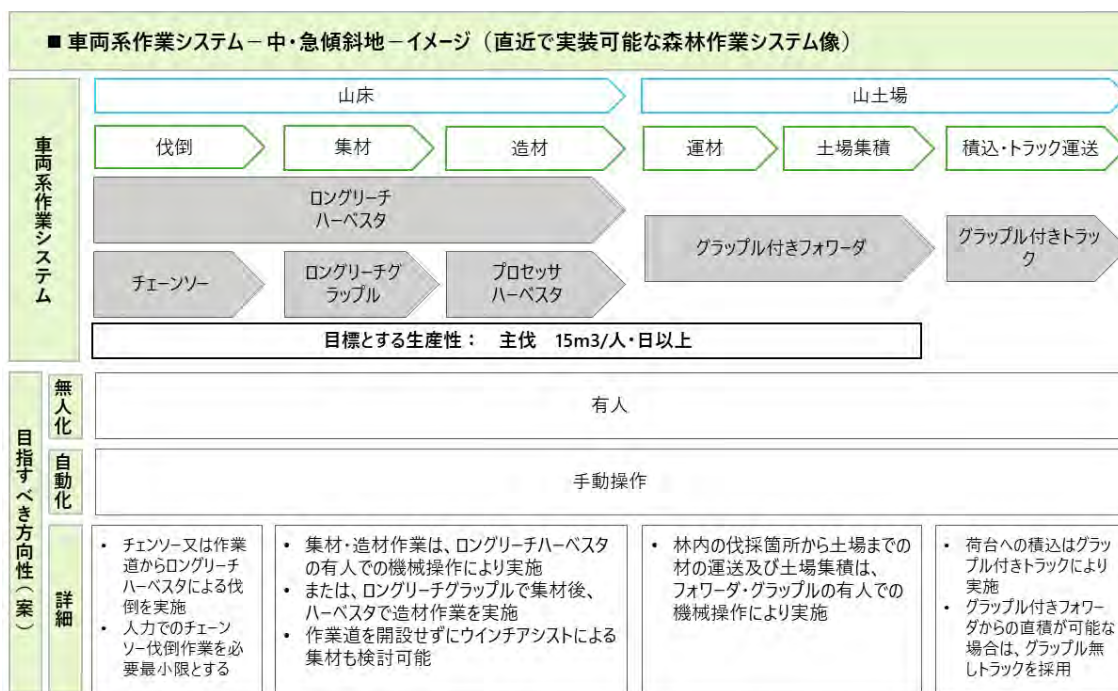


図 1-16 車両系作業システム－中・急傾斜地－（直近で実装可能な森林作業システム像）

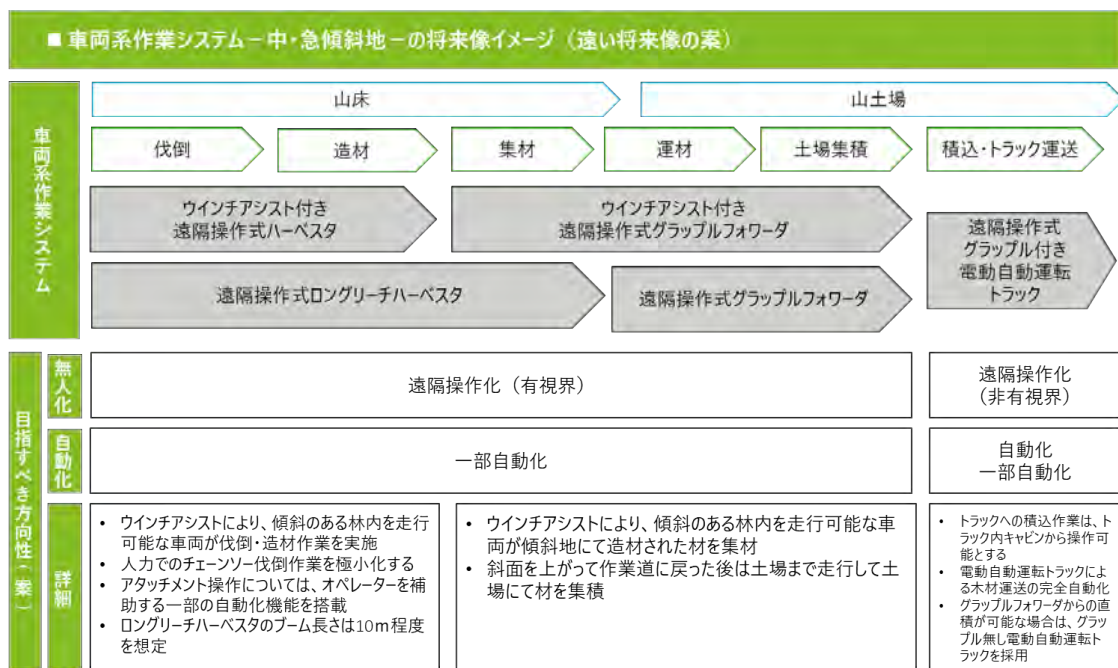


図 1-17 車両系作業システム－中・急傾斜地－（遠い将来像）

2.3. 架線系作業システム

2.3.1. タワーヤード型

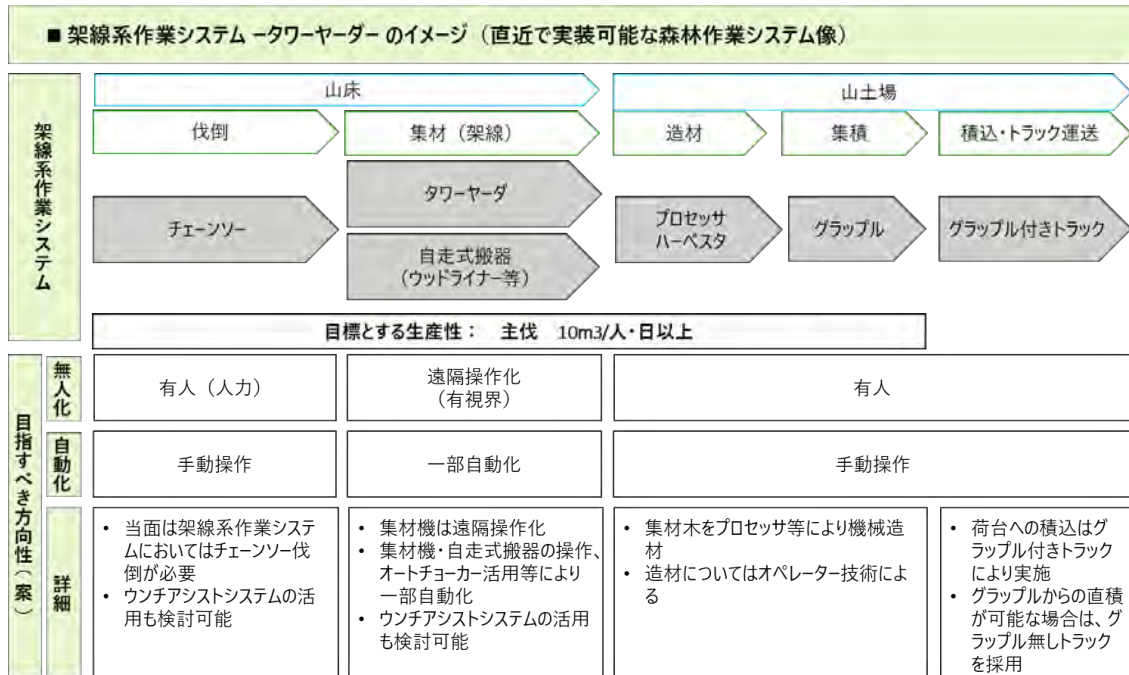


図 1-18 架線系作業システム－タワーヤード（直近で実装可能な森林作業システム像）

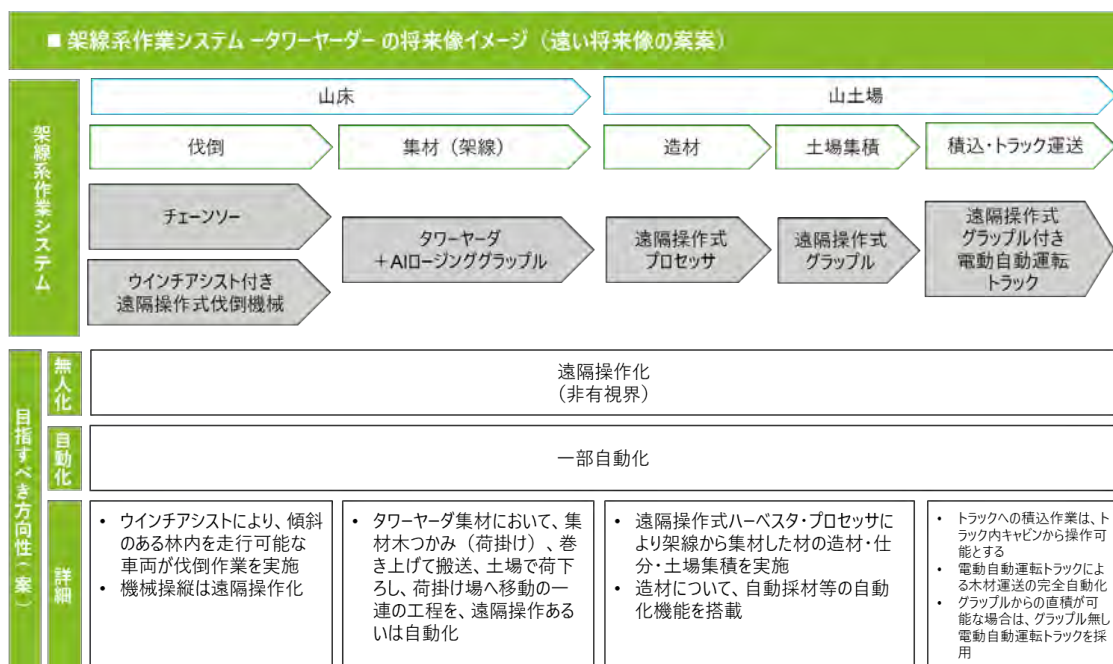


図 1-19 架線系作業システム－タワーヤード（遠い将来像）

2.3.2. 集材機型

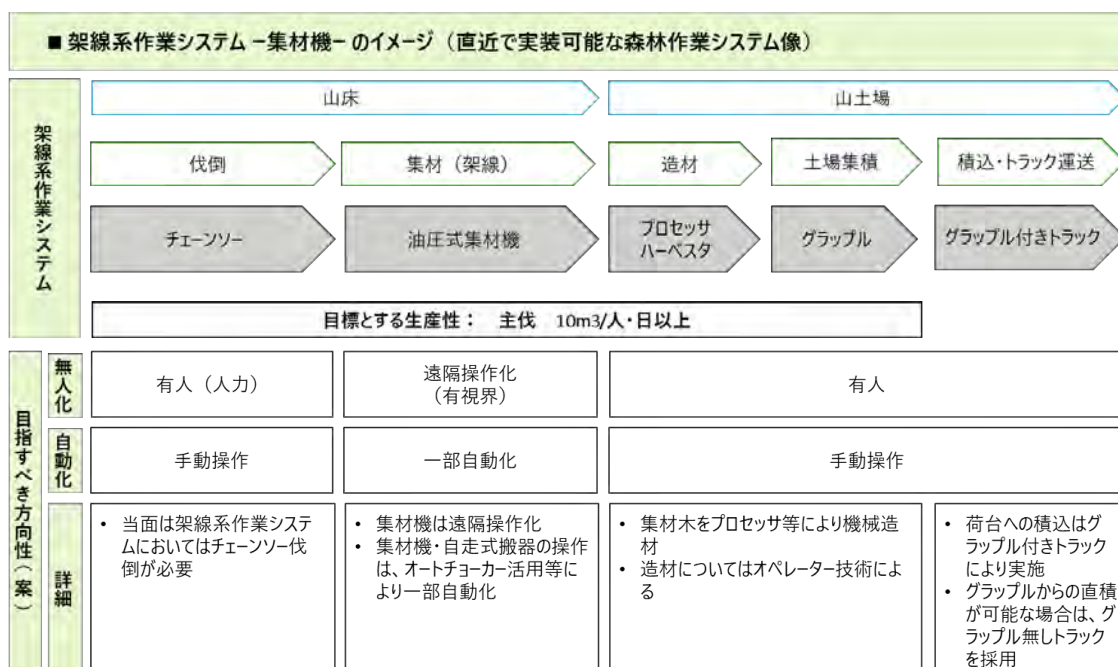


図 1-20 架線系作業システム－集材機－（直近で実装可能な森林作業システム像）

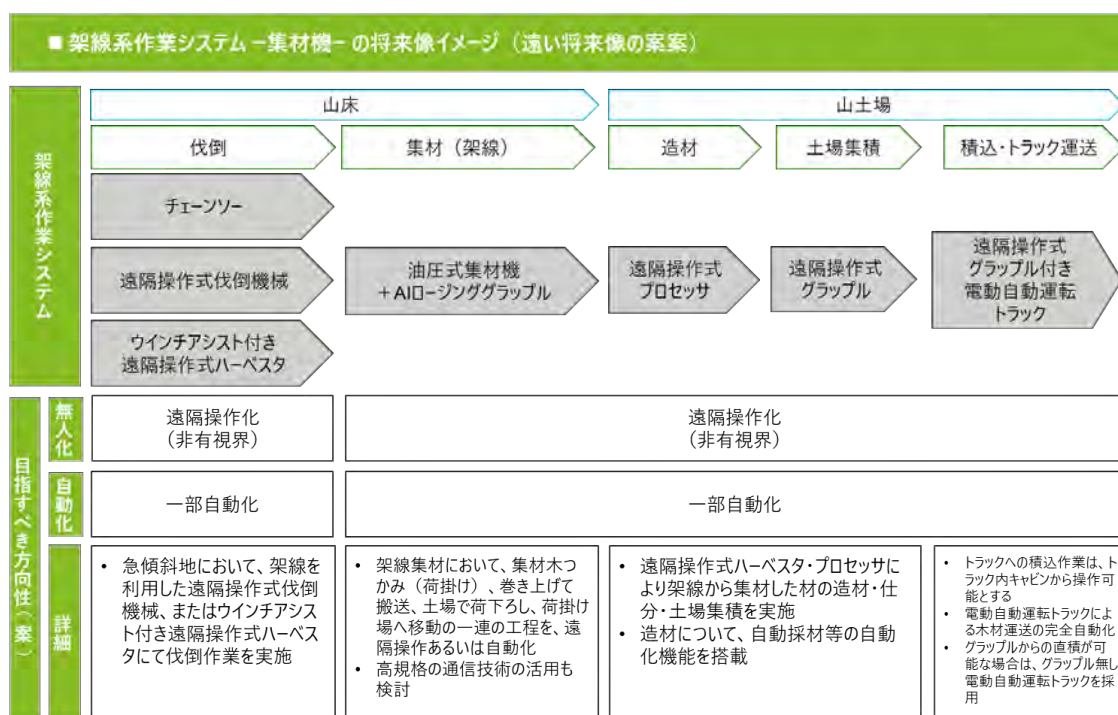


図 1-21 架線系作業システム－集材機－（遠い将来像）

2.4. 路網開設における作業システム

- ・ 林道等路網の開設に当たっては、林道規程を遵守することに加え、「林業専用道作設指針」（平成 22（2010）年 9 月 24 日付け 22 林整整第 602 号林野庁長官通知、令和 3（2021）年 4 月 1 日付け 2 林整整第 1396 号林野庁長官通知）、「森林作業道作設指針」（平成 22（2010）年 11 月 17 日付け 22 林整整第 656 号林野庁長官通知、令和 3 年（2021）年 4 月 1 日付け 2 林整整第 1400 号林野庁長官通知）や地域の特性を踏まえ、繰り返し使用できる壊れにくい道づくりを行う必要がある。
- ・ 森林作業道開設の効率化においては、伐倒と掘削作業の両方が可能な伐倒機能付き掘削機が実用化されており、オペレータの安全性や生産性の向上に寄与する可能性がある。
- ・ 路網開設では、路面の締固め強度や土質を確認しながら開設していくことが必要となるが、この作業を効率化するためには、路盤強度や土質の測定機能を有する掘削機械を開発し、普及を図ることが方向性として考えられる。このことにより、オペレータが機械から降りずに作業を継続でき、生産性を高めることが出来る。

2.5. 路網の適切な維持管理

- ・ 路網は、森林の多面的機能を持続的に発揮していくための基盤であり、長期にわたって使用していくことを前提に整備していくものであることを踏まえ、その維持管理を適切に行うことが必要である。
- ・ 路網整備に携わる関係者は、長期にわたって使用できるようメンテナンス技術の習得に努める必要がある。
- ・ 維持管理は、路網を構成するそれぞれの道の性格に応じて、次のように適切に行う必要がある。

① 林道

- ・ 林道は、地方公共団体等が、不特定多数の者が利用する公共施設として維持管理する。

② 林業専用道

- ・ 林業専用道は、林道規程に位置付け林道として取り扱うものであり、地方公共団体等が、不特定多数の者が利用する公共施設として維持管理する。
- ・ なお、森林施業専用の車両の走行を予定して作設するという趣旨に照らし、林業者が専用的・優先的に利用する場合があることを踏まえ、施設管理者は利用の状況に応じて通行を制限するなど、適切に管理すべきである。

③ 森林作業道

- ・ 森林作業道は、作設に当たって林業者以外の利用を想定しないため、維持管理についても、地域の実情に応じて、森林施業に携わる関係者にとって合理的な方法が見いだされるべきである。

3. 造林・育林作業の目指すべき姿

- ・ 我が国においては、近年収穫期を迎えた人工林の主伐が増加する一方、その伐採跡地における再造林や育林については機械化が十分に進展していない。そのため造林・育林コストが高止まりし、また人手不足にも陥るという実態が続いている
- ・ 造林・育林作業における機械化と作業効率化は喫緊の課題であり、生産性向上のみならず新たな林業機械を組み込んだ新しい作業システムを構築することが必要であり、本書ではその目指す姿を示す。
- ・ 尚、近年スギ、ヒノキ、カラマツといった主要樹種においても従来の育林体系の見直しが模索されており、更に新たな有用樹種による再造林も試行されているところである。それらの育林体系は、機械化による作業効率化・コスト削減とともに検討されるべき内容でもあるが、その詳細については本書の範囲外として割愛する。

3.1. 造林

3.1.1. 地拵え作業

- ・ 主伐後の再造林で必要となる地拵えは、コンテナ苗等を活用した「一貫作業システム」(※)により実施することが望ましい。
- ・ 一貫作業システムによる地拵えが困難な場合は、造林作業用機械を活用する。
※一貫作業システム：素材生産で使用した機械を活用し、伐採・地拵え・植栽を連携して同時に実行する作業システム

3.1.2. 植栽作業

- ・ 植栽作業は苗木運搬・穿孔・植栽作業の実施について、傾斜条件等により人力作業または機械作業、2つの作業システムが考えられる。
- ・ 造林作業用機械の走行が困難な箇所や急傾斜地においては、苗木運搬についてドローンを活用し、穿孔・植栽作業を人力で実施。
- ・ 造林作業用機械の走行が可能な場合は、苗木運搬・穿孔について造林作業用機械にて実施、併せて人力で植栽作業を行う。

3.2. 下刈り・除伐・枝打ち

3.2.1. 自動走行型機械による下刈作業

- ・ 下刈作業は、従来の刈払い機を用いた作業から、造林作業用機械または小型下刈機械を活用した作業の実現を目指す
- ・ 造林作業用機械、小型下刈機械は、無線コントロール等による遠隔操作や苗木植栽位置を把握しての自動走行による植栽・下刈作業実施を目指す

3.2.2. 除伐・枝打

- ・ 除伐・枝打作業は、ノコギリによる人力作業で実施されるが、これらの作業で行われる不良木の伐採、枝払い・枝打ち作業を機械化することが目指される。
- ・ 従来型の枝打ち機械は、持ち運べるエンジン搭載型で、立木下部に備え付けて自動で木を登りながら枝を切り落とす機構となっている。今後は作業効率化の観点から1本の木にかかる時間をより短縮することが望ましく、また持ち運びの利便性を向上させるべく、バッテリー式で造林作業用機械等から電力を供給する機構などの開発が求められる。

3.3. 獣害対策

3.3.1. ICT を活用した防除・捕獲・撃退

- ・ シカ等の害獣の捕獲・撃退については、ICT を活用した罠の遠隔監視・操作に加えて、センサ検知による捕獲の自動化も考えられる。
- ・ 赤外線センサを搭載したドローンによる害獣のモニタリング調査や害獣を追払うドローンの開発が求められる。

第2章. 新たな森林作業システムに必要となる高性能林業機械の開発及び改良

の指針

1. 林業機械開発及び改良のポイント

1.1. 日本の地形・地質等による制約条件への対応

● 日本の地形に合ったベースマシン機械開発

- ・ 我が国の路網密度や地形・地質といった諸条件は、欧州とは大きく異なるため、欧州型の林業機械を輸入して活用することも有効であるが、我が国の地形等に合った林業機械のベースマシン開発が求められる。

○ 車体寸法・規格

- ・ 北海道を除く我が国の多くの山地地形・道路条件から、機械の規格として、機械の大きさ（2.5m 車幅）、車体重量（12t）以下程度の実質的な制限を受けるエリアが多い。また、高架橋等で高さの制約を受けるエリアも存在する。これらに対応しつつ、パワーも従来以上備える林業機械の開発が求められる。
- ・ 近年進展する遠隔操作技術により、無人化を前提とする林業機械においては、設計当初から人間の搭乗や安全装置等の機構を省略できるため、車体の軽量・小型化を図った上で一定以上のパワーを発揮することが可能になりうると考えられ、そのような方向性でのベースマシン開発が求められる。

○ ベースマシン走行装置

- ・ 現在の高性能林業機械はクローラ式の建機をベースマシンとしているものが多く、また様々な高性能林業機械の輸入も進んでいる。しかし、後述するウインチアシストシステムによる傾斜地走行や作業道走行においては、我が国の狭小な道路条件や急傾斜地、起伏の多い斜面等での走行に対応できることが望ましい。現時点でベースマシンの走行装置については最良の形式が定まっているわけではないため、車体安定性や走行速度等を勘案しホイール・クローラ可変式、多輪覆帯式、4輪多関節型等、悪路走破性が高いベースマシン開発が求められる。

● 大径材化への対応

- ・ 長伐期施業方針に基づく間伐施業等により木の大径化が進展し、それに伴いパワースペック等の観点で大型機械が求められている。しかし、我が国においては道路・規制等によって大型機械が導入しづらい状況にある。
- ・ 大径材の伐倒・集材を効率的に実施する技術開発が求められる。

● 広葉樹施業への対応

- ・ 木質バイオマス発電への活用等、広葉樹施業も近年広がりを見せており、広葉樹特有の曲がりに対応可能な機械の開発が求められる。

1.2. 環境対応

- ・ 脱炭素化社会の実現やゼロエミッションに向けて、化石燃料に代替するクリーンなエネルギーの活用が求められている。ガソリンエンジンのように機械を十分に稼働可能な機械の電動化や水素エンジンの開発に加え、充電インフラの整備等への対応が必要である。
- ・ 「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（オフロード法）」においては現状、第3次～第4次基準が導入されているが、対応するベースマシンのエンジンが高価な上、パワースペックが不足している課題がある。排ガス規制とコスト及びパワースペックを両立する機械開発が必要である。

1.3. 林業機械の遠隔操作化・自動化・無人化（AI、画像認識等）を実現する技術

- ・ 林業機械の遠隔操作化・自動化・無人化は、通信インフラの整備や技術革新によって段階的に進めていく必要がある。
- ・ 例えば、遠隔操作を志向する場合は、まずは有視界での作業から着手し、センシング技術によるリアルタイムの画像把握が進んだ段階で無視界での作業段階に移行することになる。
- ・ 作業者の安全確保を最優先とし、まずは低速で稼働する機械開発を進める必要がある。複数機械の低速制御についても検討することができる。
- ・ 機械が走行する作業道に作業指示などをデータ化した QR コードや反射板を設置するなど、林業機械の開発・改良のみならず、路網についても遠隔操作化等の基盤整備を進める必要がある。
- ・ 導入コスト等を勘案し、林業作業の全ての工程を無人化にする必要はなく、工程ごとに遠隔操作化や自動化を使い分け、少人数の作業者が複数の機械を遠隔操作化や自動化で操作できる方向性が考えられる。
- ・ 自動化等の進展には SLAM・AI 等を活用することになるが、最終的な安全性は、誘導線や QR コードで確保することなども考えられる。
- ・ 以下において、無人化・遠隔操作化に資する技術、及び林業機械の自動化に資する技術を整理する。

1.3.1. 無人化・遠隔操作化

○ 無線コントロール

- ・ 近年の技術では、遠隔操作については目視できる距離（100m 以内程度）の有視界の範囲での無線コントロールが広く実施されている。将来的には通信技術によってカメラによる撮影動画をリアルタイム把握し、リモートコントロール可能となることが期待される。

○ 無人化・遠隔操作ユニット

- ・ 建設用重機の運転席に、人間による機械操作を代替可能なロボットを搭乗させ、

目視または車載カメラの映像をモニター画面から確認してロボットを遠隔操作することにより重機を遠隔操作する機構。将来的には AI 等を搭載し、一連の作業を自動化させることが期待される

○ クラウドによる遠隔操作化

- ・ 通信インフラの整備が進むことで、現場の林業機械をクラウド上で遠隔操作することも可能になる可能性がある。
- ・ 遠隔操作でリアルタイムの映像を確認するためにはハイビジョンクラスの画像が必要であり、通信速度としては 10Mbps 程度、5 G レベルの回線速度が必要である。
- ・ 通信環境によりリアルタイムのセンシング技術の適用が困難な場合は、有視界での操作を検討する。

1.3.2. 自動化

○ 精確な位置情報の特定 (GNSS、GPS)

- ・ 林業機械の自動化を実現する上では、GNSS 等による測位情報が必要であり、特に林内の路網は幅員が狭いことが多く、路面外への機械逸脱防止の観点から精確な位置情報の同定に努める。
- ・ 林内では GNSS 等による測位情報が不安定であるため、SLAM 技術などと組み合わせることで自己位置を推定する技術の開発等が求められる。

○ SLAM

- ・ 近年、自動運転等においては SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術が発達している。SLAM においては、センサによる車両の周囲状況把握が行われ、センサは、LiDAR (レーザースキャナや ToF センサなどの LiDAR SLAM やカメラ画像を用いた Visual SLAM) などユースケースに応じて適したものを選択することが必要となる。林業機械においても、SLAM 技術に基づく自己位置推定・環境地図作成により自動化が進展することが期待される。
- ・ 施業対象地において、ドローンにより LiDAR データを取得し、そのデータをベースに各種の林業機械を稼働させていくことなどが土木建設分野等では実用化しており、林業機械においても同様な取組の進展が求められる

○ 誘導線

- ・ 誘導線の設置により、誘導線上を機械が自動走行する機構は既に技術としては確立されており、林業での導入も可能である。主にフォワード走行での利活用が考えられるが、誘導線の設置・撤収コストを低減する技術の開発も合わせて求められる

○ QR コード

- ・ 林業機械にカメラを搭載し、QR コードにより走行速度や進行方向誘導など特定の指示出しを行うことが、自動走行における安全性・精確性向上の上で有効であ

ることが実証されており、主にフォワード走行においての利活用が考えうる。ただし、作業現場に表示する QR コードが汚れや劣化でうまく読み取りできない可能性が生じることに留意する必要がある。

○ 自動追従走行・ルート設定走行

- ・ 他産業においては、初期ルートを有人走行してルートを登録・設定し、2 回目以降は設定ルートを自動走行する機構が実用化されている。また、同様に前方の人間や車両を追従する自動走行技術も実用化されており、これらの機構の林業機械への搭載による自動化が求められる。

○ AI・画像認識

- ・ カメラ画像を AI が解析し、林業機械が作業道などの路線上を走行可能とする機構。画像解析処理は、搭載した AI の処理速度による応答性が他の技術に比較して遅延することがあるものの、今後処理速度向上等が図られることで動作制御を行う技術として利用されることが期待される。

○ AI による最適採材シミュレーションシステム

- ・ AI による採材シミュレーション、価格表からの最適採材技術の開発が求められる。

○ 衝突防止センサ

- ・ 機械の路網からの逸脱による落下や法面への衝突時を未然に防止する仕組みとして、赤外線センサ等により周囲の事物の状況を把握し、作業者にアラートを発する等して安全性を高めていく技術の開発が求められる。

1.4. 林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）

1.4.1. 林業機械高度化の基盤となる通信インフラの整備

- ・ 我が国の森林は地形が複雑で起伏も多く、森林内では各種電波が立木にも遮られることから減衰しやすく、多くの地域で携帯電波の圏外域となる上、GNSS 等の測位情報も不安定であるなど通信環境が整っていない現状にある。
- ・ 通信インフラの整備は、林業従事者の就労環境の改善や、労働災害発生時の安全性確保、林業機械の自動化・遠隔化といった林業に係る様々な工程の自動化の進展を図る上で必須であるため、林業用の帯域の確保も検討するなど、行政を中心とした通信インフラの整備・推進が求められる。
- ・ 一般的に、林業は対象となる施業地が常に変わっていくという特徴があるため、通信環境を特定の箇所で固定化して構築するのではなく、移動式の通信環境構築手法を確立することも考えられる。

● 通信規格による分類

- ・ 林業作業や機械の自動化・無人化・遠隔操作化の各状況において、求められる通

信の規格及び容量は異なることが想定される。例えば遠隔操作の場合、リアルタイムに映像を把握するためにはハイビジョンクラスの画像を送受信することが必要であり、通信速度として 10Mbps 程度、5G レベルの回線速度が求められる。このため、状況によってコスト等を勘案の上、通信規格を適切に選択し運用する必要がある。

- ・ 以下では、例として通信規格とその用途について記載する。

○ 5G

- ・ 一般回線の高速通信である 5G により画像や動画をリアルタイムに確認することができる。また、クラウドを介した通信が可能になる。

○ Wi-Fi

- ・ 林業施業地において、局所的に閉域のネットワークを構築して 10Mbps 程度の通信容量を確保できる通信手段。林業機械のハイビジョンクラスの画像送受信によるリモートコントロールを実現する際の通信環境構築手法として実証例がある。

○ LPWA・LoRa

- ・ 通信速度が低く、機械の自動化等への適用は困難とされているが、簡易なテキスト及び数値情報のやり取りや、機械動作情報の出力等に活用可能である。
- ・ 作業者の安全性確保のため、労働災害発生時の通報手段としての活用が期待されている。

○ Can 通信

- ・ 有視界の状況で、スマートフォンから近隣の機械の遠隔操作が実用化されつつある。

○ ドローン飛行による一時的な通信確保

- ・ 通信環境の無い現場において、通信機能を具備したドローンを飛行させることで一時的に電波を受信できる技術が考えられる。

1.4.2. ICT 生産管理への対応（データ標準化等）

- ・ 林地での伐採・搬出から、効率的な木材サプライチェーンの構築を計るため、林業機械に ICT 生産管理機能を備え、伐採した木材数量をデータ化し、川下とデータ連携していくことが今後重要となる
- ・ 欧州の機械開発メーカーは StanForD2010 によりデータ形式の標準化を行っており、今後、我が国においても日本版 StanForD2010 による「ICT 林業生産管理システム標準仕様（案）」を活用することが推奨される。

1.4.3. 航空レーザ測定の推進

- ・ 航空レーザ測定を実施したエリアでは、森林の立木位置や詳細な微地形データ等の取得が可能であり、それらのデータは林業機械の自己位置推定や効率的な施業の計画作成等に有用であることから、今後もデータ利活用を積極的に推進してい

くことが求められる

2. 推進対象となる高性能林業機械及び要件

- ・ 第 1 章で示した森林作業システムの目指す姿を実現するための高性能林業機械について、具体的に求められる要件を記載する

【共通】

2.1. ウインチアシストシステム

- ・ ウインチアシストシステムは伐採・搬出用重機や造林作業用機械をワイヤーで引っ張ることで車体の安定姿勢を保ち、傾斜地での作業を可能とする機構
- ・ ウインチアシストシステムは、尾根部に路網を整備し、ウインチアシスト機能をもった重機により作業用機械を吊り下げる機構や、作業用機械に装備されているウインチのワイヤーを立木等にかけて登坂する機構がある
- ・ ウインチアシストシステムは、重機のスリップが軽減され、土壌環境への影響を小さくし、また安定した走行による燃費の向上効果も期待される
- ・ 25 度～35 度の傾斜地での作業地においては、ウインチアシストとタワーヤードといった組み合わせの森林作業システムも想定できる。
- ・ ウインチアシストシステムで伐出後に、ハーベスタやプロセッサでの造材が想定できる。

【個別】

2.2. 車両系作業システム機械（伐倒・造材）

- ・ 伐倒工程は特に機械化が進展しておらず、現状多くの現場において林業従事者のチェーンソー伐倒により実施されている。伐倒工程は予期せぬリスクも多く労働災害が頻発する作業であるため、日本の林業従事者の安全性向上のためにもより一層の機械開発が求められる。

○ 遠隔式伐倒作業機械

- ・ 現状の重機が進入できずに人手頼りとなっている傾斜地における伐倒・搬出作業を機械が行い、作業員 1 人当たりの生産性を向上させる。
- ・ チェーンソーより高い生産性の確保や作業員の安全性の確保、また伐倒方向の制御機構や危険性の高いかかり木対策の機構を備えることが必要である

○ フェラーバンチャー

- ・ 予めレーザ計測等により伐採対象地の立木の位置座標及び材長・径級等を取得し、その情報を元に自動で林内を走行し、対象木の伐倒を自律的に実施する機構の開発が求められる

○ ハーベスタ

- ・ 予めレーザ計測により伐採対象地の立木の位置座標及び材長・径級等を取得し、その情報を元に自動で林内を走行し、対象木の伐倒・造材まで自律的に動作する

機構の開発が求められる

- ・ 造材時に予めインプットした材長・径級別の木材市場価格を元にハーベスタが ICT の活用により自動で採材プランを表示し、それに基づいて自動で造材が可能な機構の開発が求められる。
- ・ ICT ハーベスタの導入においては、測尺精度の向上や測尺間隔の短長化、枝払い機能の強化、水平制御システム等の開発・改良が求められる。
- ・ また、ロングリーチハーベスタについても上記同様な改良が求められる。
- ・ 造材した材のデータ等は「ICT 林業生産管理システム標準仕様書案」に準拠した形式で記録し、将来的には通信によるデータ共有を可能とすることを目指す

○ プロセッサ

- ・ 造材時に予めインプットした材長・径級別の木材市場価格を元にハーベスタが自動で採材プランを表示し、それに基づいて自動で造材が可能な機構の開発が求められる
- ・ 造材した材のデータ等は「ICT 林業生産管理システム標準仕様書案」に準拠した形式で記録し、将来的には通信によるデータ共有を可能とすることを目指す

2.3. 架線系作業システム機械（伐倒）

- ・ 架線集材の集材線に沿って移動させることができ、集架線から昇降させ斜面上の立木伐倒を可能とする機構の開発による架線集材の自動伐倒化が求められる

2.4. 伐倒機械（その他）

○ 自動伐倒機械・ロボット伐倒

- ・ 斜面地において、ホイール式・クローラ式重機の侵入が困難な地質・地形条件においても、立木を自動伐倒する機構の開発が求められる
- ・ 近年、二足/四足歩行ロボットの開発が進展しており、傾斜地や障害物のある地形における歩行・移動が可能となるようなロボット技術が構築されている。人型二足歩行ロボットにチェーンソーを携行させ、傾斜地や障害物のある対象林地を移動、AI 等を活用して対象地の立木を自動伐倒する機構等の構築も可能と考えられる。
- ・ 海外ではドローンの先端にハーベスタヘッドを装着した超大型ドローンによる伐倒機械も開発が進められている

2.5. 車両系作業システム機械（集材）

○ 自動走行フォワーダ（クローラ型、ホイール型）

- ・ フォワーダ集材においては、自動走行フォワーダ活用が推奨される
- ・ 自動走行フォワーダの効率向上のため、走行速度の向上及び長尺材（6～8m）の積載が可能となる開発・改良が求められる。

- ・ 自動走行フォワーダは、高精度位置情報把握および LiDAR や画像認識等に基づく自己位置認識機構を備え、特定の走行ルートを繰り返し往復できることが求められる。
- ・ あわせて、グラップル搭載型フォワーダの場合には、材の積込み、下ろし作業の自動化が可能な機構が備わっていることが望ましい。また、コンテナ化・複数連結化や追尾走行機能の付加を行うことでコスト削減や運材路の低規格化による山地保全が期待される。

○ スキッド

- ・ 林内走行を前提とし、水平制御システムの導入等、中・急傾斜地でも適応可能なスキッドの開発・改良が求められる。

2.6. 架線系作業システム機械（集材）

- ・ 架線系システムの計画立案においては、航空レーザ計測データを活用した架線索張システムの自動設計やコストシミュレーションが確立されつつあり、こうしたシステムのさらなる開発・改良が求められる

○ 油圧式集材機

- ・ 油圧式集材機は、遠隔操作化による集材作業の省人化が既に実現している。今後、索張りの自動化、搬器の自動走行機能の向上が目指される
- ・ エンドレスタイラー式の場合、皆伐面積は 5ha 以上必要であることが多い現状を踏まえ、油圧式集材機の固定費を削減し、小面積皆伐でも対応可能になるような開発・改良が求められる。

○ タワーヤーダ

- ・ タワーヤーダの効率的な活用の前提条件として、タワーヤーダの移動及び木材運送用トラックが走行可能な林業専用道クラスの路網整備が必要である。
- ・ タワーヤーダの活用にあたっては、上げ荷、下げ荷集材に対応した自走式搬器の改良が必要である。自走式搬器については、荷掛けの機械化を検討できる。
- ・ 索張距離を長くする場合は、荷吊り索の強化を開発の方向に加える必要がある。
- ・ 国内の林業地において利用可能性を高めるべく、車幅を 2.5m 以内に収めつつ、500m 以上の長距離スパンを取れるタワーヤーダの開発・導入が求められる
- ・ 搬器については、上げ荷、下げ荷集材に対応した自走式搬器の改良が求められる

○ スイングヤーダ

- ・ 簡易な策張り方式（ランニングスカイライン式）での集材が可能なスイングヤーダは、仮設撤去が容易、ベースマシンがバックホウのため他の作業でも利用可能などの長所があるものの、横取り距離が長い伐採地や大径材の集材には不向きという欠点がある。
- ・ 近年、大径材集材や横取り等に対応できるよう主策ウインチ式スイングヤーダが開発されており、今後更に主伐現場への適用性を高める開発・改良が求められる

- AI/ラジコンロージンググラップル
 - ・ 従来人力で実施していた架線集材の荷掛け作業を機械化するロージンググラップルの開発が進展している。
 - ・ AI・画像認識機能を搭載したロージンググラップルにより、荷掛け・荷外し作業の遠隔化・無人化技術が開発されている
 - ・ 今後、集材機のみならずタワーヤード等にも活用できるような改良が求められる

2.7. 林地残材処理

- 移動式チップパー
 - ・ 前方で原木・枝葉等をチップ化し、後方の荷台にチップを集積させる機構とし、更に荷台・コンテナが入れ替え可能で、荷台・コンテナがチップパーの移動に自動で追従するシステムの開発が求められる

2.8. 運送機械

- ・ 運送用機械の開発に当たっては、連結式で分離可能な機能が必要となる。
- VR ゴーグル グラップル付きトラック
 - ・ 近年、木材輸送用グラップル付きトラックにおいて運転席にしながら VR ゴーグルを用いて荷台のグラップルを操作が可能とする技術が進展。今後は、積載した材の均し作業や荷締め作業について、人力が必要とされている作業の更なる自動化が求められる
- フルトレーラー、セミトレラー
 - ・ 我が国の地形条件に適応した回転半径や車幅を具備し、かつ十分なパワースペックを備えたフルトレラー及びセミトレラーの開発が求められる。
- 電動自動運転トラック
 - ・ トレーラー等の林道の自動走行技術の開発が求められる
 - ・ 自動走行による事故のリスクを考慮し、実証に当たっては、舗装等の条件が整備された林道又は林業專業道を活用することが望まれる。
 - ・ 既存の自動運転アルゴリズムは舗装を前提としているため、未舗装でも適用可能になるようトラックメーカー等の参入が必要となる
- 小型運搬トラック
 - ・ 幅員 2.5 m でも走行可能な 3 トントラックの開発・改良が求められる。

2.9. 造林・育林用機械

- 多目的造林機械
 - ・ 造林作業においては、アタッチメント交換により伐根粉碎、残材集材、下刈り、コンテナ苗運搬等複数の造林作業が可能な造林作業機械の開発が求められる
 - ・ 急傾斜地での登坂性に加え、特に伐根粉碎において必要なパワースペックの開発・改良が求められる。

2.10. その他機械

○ 林業用運搬ドローン

- ・ 林業用苗木運搬ドローンが既に実用化されており、より効率的な施業方法の検討と合わせた機体の改良が求められる。

○ チルホール

- ・ チルホールは、かかり木等にワイヤーを括り付け手動で牽引操作を行うことにより対象物を牽引する機構であるが、更なる軽量化、及び将来的には牽引動作を電動式とし遠隔操作ボタンによる牽引が可能になるような機構の開発が求められる。

2.11. 現場技術者の装備の高度化

○ アシストスーツによる軽労化

- ・ 林業従事者の労働強度を緩和するため、傾斜地の歩行・重量物運搬のアシスト機能の他、夏季・酷暑下での冷却機能、冬季における暖房機能、転倒や衝突等の予防機能、耐衝撃機能などを兼ね備えたアシストスーツの開発が求められる

○ スマートグラス、ウェアラブルデバイス等

- ・ 経験の浅い林業従事者がスマートグラスを装備し、遠隔地にいる熟練者に映像を伝達し、熟練者からの指導を遠隔から受信するなど、指導の円滑化を図ることが期待される。また、境界等の情報を AR 等の技術で可視化し、林業従事者に山林情報を提供するといった利活用が期待される
- ・ ウェアラブルデバイスは、林業機械との接近通知、気象・温度条件等の計測によるアラート表示、作業班同士のコミュニケーション円滑化等に利活用することが期待される
- ・ その他、林業従事者へのセンサ装着や携行するチェンソー等の機器の IoT 化によって、作業日報の自動作成や安全管理機能付加を実現することも考えられる。

3. 推奨される開発体制

3.1. 機械開発における開発体制

- 開発・実証から実用化までを見据えた開発体制
 - ・ 機械の開発・実証から実用化までを見据えて、機械開発メーカー、ユーザー、研究機関等の協力による開発体制のもとに推進する。

3.2. 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）

- 林業機械に関する現場ニーズを収集する情報プラットフォーム
 - ・ 機械開発にあたっては、機械開発メーカーは林業事業者の現場ニーズを十分にくみ取った上で開発を進めることが肝要である
 - ・ 現状では個別の機械開発メーカーが直接林業事業者ニーズを調査していく形が多いと推察されるが、この場合調査対象とするユーザー数が限られると共に、個別ユーザーにとってはニーズを伝える相手先が機械開発メーカー1者に留まってしまうためニーズの多くが開発に活かされない懸念があるとともに、他の機械開発メーカーのもつシーズ情報を得ることも難しい。
 - ・ このような業界全体の課題を解決するため、森ハブが情報プラットフォームとしての役割を担い、現場ニーズを収集・集約して機械開発メーカー等に提供するとともに、シーズ側からも情報を収集して技術紹介・情報発信をニーズ側に行うといった取組が考えうる。（図 2-1）
 - ・ このような仕組みの構築により、我が国の林業機械開発がより効率的に実施されるとともに、よりユーザーニーズにそった機械開発や異分野の機械メーカーの参入を促すことも可能となり得ると考えられる。

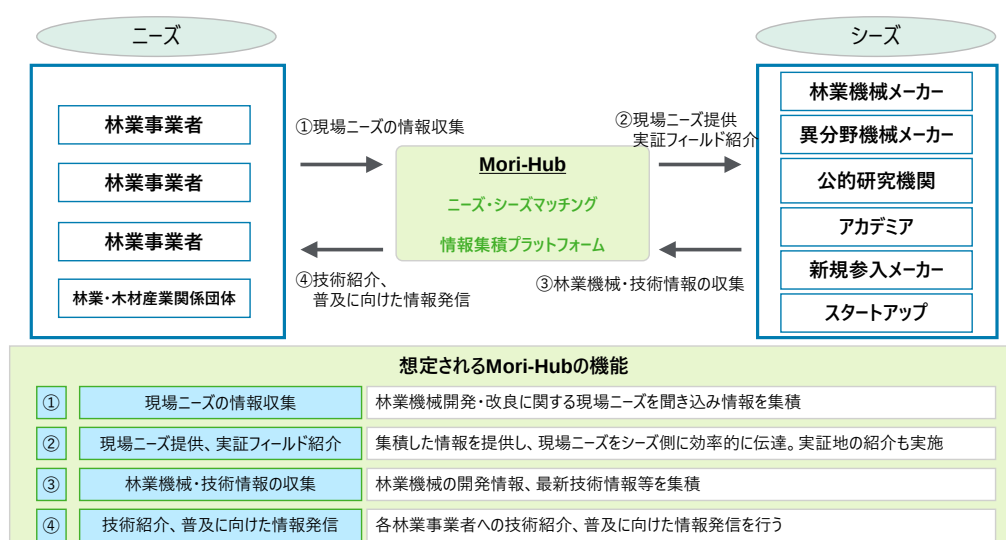


図 2-1 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）

第3章. 新たな森林作業システム普及定着の条件整備

市町村森林整備計画に定められる高性能林業機械の導入に関する計画、地域森林計画に定められる林道に関する計画、市町村森林整備計画に定められる作業路網に関する計画を踏まえつつ、新たな機械開発・森林作業システム普及定着の条件整備を推進する。

1. 利用組織等の整備

- ・ 高性能林業機械による森林作業システムを普及定着させていく上での大きな課題は、森林の所有形態が小規模分散的であるため、高性能林業機械を有効に活用しうる事業量の確保が困難なことである。また、林業事業体の経営力の向上等が求められることから、

① 安定的な事業量確保のために、森林所有者、森林組合、素材生産業者等が協力し、地域の森林施業に関する情報の把握及び交換、森林施業及び機械の共同利用を実施できる体制及び組織の整備

② 機械の貸付制度として、林業労働力確保支援センター、森林組合連合会等による林業機械レンタル制度や機械メーカーが行うレンタル・リース制度等の充実及び強化等を推進するとともに、林業労働力確保支援センターが行う認定事業体に対する支援措置を積極的に実施するなど、林業事業体の育成に努め、高性能林業機械の利用を推進する。

等を推進するとともに、林業労働力確保支援センターが行う認定事業体に対する支援措置を積極的に実施するなど、林業事業体の育成に努め、高性能林業機械と新たな森林作業システムの利用を推進する。

2. 路網の整備

- ・ 新たな高性能林業機械作業システムが最大限にその能力を発揮できるよう、計画的かつ早急に林道及び作業道の整備を推進する。
- ・ また、既設路線を含めて林道端での集材作業を効率的に行い得る作業ポイントの整備及び各作業地内における仮設機械作業路の適切な利用を促進する。

3. 通信環境の整備

- ・ 今後、林業機械の自動化・遠隔操作化を進めていくにあたっては、それを実現可能とする通信インフラの構築が必要不可欠となる。
- ・ 機械の自動化・遠隔操作化は、生産性・労働安全性の向上に大きく寄与し、その効果は林業労働災害の減少、生産コスト低下による林業収益の向上など多岐に渡る。一方、費用対効果の面から通信環境の構築に係るコストも無制限とはいかないことから、今後森林域においてどのような通信形態を構築することが望ましいか、各地での事業実証等を踏まえ検討を進めていくことが求められる。

4. 環境への影響に配慮した機械作業の実施

- ・ 高性能林業機械を活用し、効率的な森林施業を進めていくに当たっては、林地へ与える影響及び環境への負荷を最小限に抑えることが重要である。
- ・ 特にウインチアシストシステムの活用にあたり対象林地の土壌が攪乱に弱い場合、土壌攪乱が発生するリスクがあることから、作業システムを選定する上では環境への悪影響を及ぼさない作業方法の検討・実施が必要である

5. 普及指導体制の整備

● 新たな林業機械・森林作業システムに対応可能な技術者の養成

- ・ 新たな林業機械・森林作業システムに対応できる技術者の養成に際しては、ICTを活用した研修や現地検討会の充実により、ICT等の先端技術を活用できる人材の育成・確保に取り組む。
- ・ 特に必要とされる技術者は、オペレータとしての機械運転技術のみならず、環境負荷低減への配慮等を含めた高度な林業技術及び知識を備え、森林の総合的な管理及び経営を考慮した上で、現場において最適な森林作業システムを選択し、実行できる人材が求められるため、以下の点に留意する。

- ① 森林技術総合研修所林業機械化センターによる新たな高性能林業機械作業システムの指導者養成研修を活用する。
- ② 林業労働力確保支援センター等による新たな高性能林業機械作業システムの導入に必要な講義、及び伐採、造材、集材等の機械操作の現場研修等を通じ、新たな林業機械・森林作業システムを効果的に展開できる林業技術者の養成に努める。

● 森林作業システムの普及定着

- ・ 林野庁では、長期的・広域的な視点に立って地域の森林づくりの全体像を示す森林総合監理士（フォレストー）の育成を進めており、新たな林業機械・森林作業システムの普及の担い手としても重要な存在である。森林総合監理士は、都道府県職員や国有林野事業の職員が中心となり、登録されている。
- ・ 今後の機械開発・森林作業システム改善を全国的に普及定着させ、林業の成長産業化につなげるためには、森林総合監理士を目指す若手技術者の育成を図るための研修や、森林総合監理士の技術水準の向上を図るための継続教育等を推進し、森林総合監理士の指導力の向上を図りつつ、

- ① 林業普及指導組織等を通じた林業機械の開発、実用化状況、導入の事例紹介及び安全作業、メンテナンス等についての指導
- ② 林業事業体及び森林所有者に対し、新たな林業機械・森林作業システムの浸透を図るための現場実演、講習会及び展示会の開催
- ③ 開発された高性能林業機械を導入した事業者等による実地検証と改良

提案

- ④ 高性能林業機械作業システムによる森林造成及び施業モデル林の設置等を推進する。