テーマ2

機械開発

テーマ2「機械開発」では、将来的な森林作業システムの目指すべき姿の実現を目指し、本年度は現状の機械開発動向調査・ヒアリング調査を行い、作業システム方針案・ガイドライン案を作成します

テーマ2「機械開発」　実施概要

テーマのビジョン （森ハブにおける将来像）	■ 林業機械開発の方向性を示し、自動化・無人化・遠隔化技術の開発・普及展開に必要な指針を示す
本年度のゴール	■ 機械開発・森林作業システム方針案については、特に無人化・遠隔化・自動化技術についての機械開発状況、技術課題等を重点的に調査・整理しとりまとめる ■ 自動化機械安全性ガイドラインについて、内容を調査・検討を実施し、作成する

本年度の実施事項・成果物

- 異分野で進展する自動化・無人化・遠隔化技術を林業機械に適用した「森林作業システムの目指すべき姿」を設定
- 目指すべき姿の実現に向けた方針案を策定するべく、文献調査・ヒアリング調査を実施して成果物をとりまとめ

機械開発・森林作業システム方針案

目次	計20頁程度を想定
第１　新たな森林作業システムの目標	近年の森林・林業や機械開発・利用動向を前提
第２　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	伐採・集材・運材・造林の「遠隔作業化」「自動化」に重点
第３　新たな高性能林業機械作業システム普及定着の条件整備	開発体制の他、スケジュールやKPIを設定 オペレータの育成や安全管理の向上にも重点

自動化機械安全性ガイドライン案

目次	計30頁程度を想定（本体10頁、付属資料20頁）
1. 林業における作業安全対策の現状 2. 林業における事故の類型 3. 林業における遠隔操作化・自動化の進展 4. 林業の遠隔操作化・自動化における安全確保のための指針	林業における事故分析の結果を掲載 「農林水産業・食品産業の作業安全のための規範（林業・木材産業）」等を参照

専門委員会での協議事項（案）

第1回	■ 作業システム方針／ガイドライン検討の方向性 ■ ヒアリング調査先候補
第2回	■ ヒアリング調査結果
第3回	■ 作業システム方針案／ガイドラインの骨子案
第4回	■ 作業システム方針案／ガイドラインの最終案

第2回委員会で受けた御意見とその対応方針

テーマ２　機械開発

項目	御意見概要	対応方針	第3回資料 対応箇所
機械開発 方針	■ ヒアリング調査先に入れていただき、また開発の推進においても現場の声を反映することで、適切に現場に必要な機械の開発につながるのではないか。	■ 追加ヒアリングを複数件実施。また、ユーザーニーズを集積する情報プラットフォームとしてのMori-Hub機能を想定	P19～24
	■ 伐倒作業について、チェーンソーを使っての人力での作業なく、何かしらの自動化・機械開発ができないか	■ 推奨される開発機械として、伐倒機械（架線系）を追加	P18

これまでの調査より成果物骨子案を作成、今後追加ヒアリング等を行い最終化します

テーマ2「機械開発」　調査の進め方

本委員会にて討議

1. デスクトップ調査

- ■ 将来の目指すべき姿検討
- ■ 自動化・無人化・遠隔化の概念整理
- ■ 文献調査
  - ➢月刊誌「機械化林業」
  - ➢林野庁機械開発事業報告書
  - ➢路網のあり方検討会報告書
  - ➢スマート林業構築普及展開事業報告書

2. ヒアリング調査

- ■ 中長期的な作業システム等の将来像、現状の社会課題、機械開発課題
- ■ 調査先
  - ➢森林総合研究所
  - ➢東京農業大学

3. 成果物骨子案作成

- ■ ヒアリング調査を行い、今後10年間程度の林業機械の将来像や技術開発課題、自動化に向けた安全対策について情報を整理・分析

【機械開発・森林作業システム方針】

- ➢ 成果物目次・記載内容案を検討

【自動化機械安全性ガイドライン】

- ➢ 成果物目次・記載内容案を検討

4.　追加調査

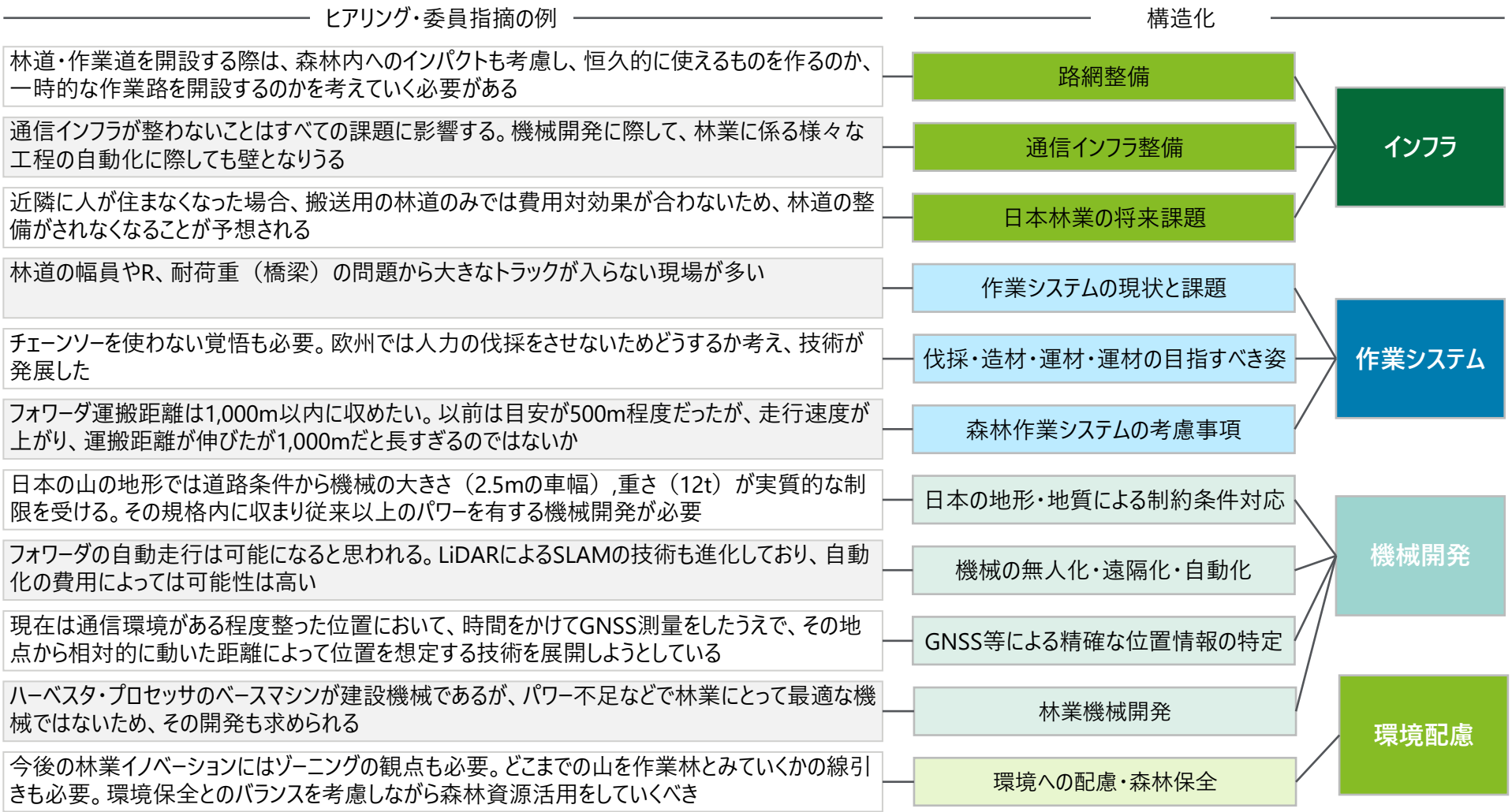
- ■ ヒアリング調査
- ➢ 目次項目においてメーカーや林業事業者等の意見を収集したい点にフォーカスして追加調査実施
- ■ 既存調査記録収集
- ➢ 事務局で有する林野庁受託事業（ICT生産管理）でのメーカーヒアリング議事録等を参照

5. 成果物作成

- ■ 調査結果を踏まえ、「機械開発・森林作業システム方針」及び「自動化機械安全性ガイドライン」について、より詳細に成文化

ヒアリング・委員指摘の各観点を４つの要素に大別。これらの事項を目次の各章に対応づけ、意見・指摘を方針の中に位置付けていきます

機械開発方針についてのヒアリング・委員指摘の構造化



第1章1節では、森林作業システムの現状・課題を整理することで、機械開発において念頭に置くべき事項を整理します

機械開発・森林作業システム方針の構成（1章）

目次

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
- 我が国における現状・課題
- 路網整備状況と作業システム
- 作業システムの評価指標

2.　伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿
- 車両系作業システム
  - －緩傾斜地
  - －中・急傾斜地
- 架線系作業システム
  - －タワーヤーダ型
  - －集材機型
- 路網開設における作業システム

3.　造林・育林作業の目指すべき姿
- 造林
- 下刈・除伐
- 枝打ち
- 獣害対策

主たる記載内容

- **我が国における現状・課題**
  - ・高性能林業機械の普及状況
  - ・少子高齢化による生産性向上の必要性
  - ・林業労災・事故の防止観点
  - ・機械開発におけるユーザー意見反映
  - ・山間部における林道等道路網の密度不足・老朽化
  - ・農道、市町村道等のアクセス道の狭さ
- **路網整備状況と作業システム**
  - ・国内の路網密度の現状
  - ・路網密度、地形・地質と作業システムの関係性
  - ・必要となる幅員の基準（重機サイズと幅員）
  - ・今後の我が国における路網整備方針
    - －尾根林道の必要性、ゾーニング
- **作業システムの評価指標**
  - ・労働生産性指標（従来指標）
  - ・新しい評価指標の検討
    - －作業班当たり生産性（m3/班・日）
    - －生産コスト（円／m3）

指摘観点

- 作業システムの現状と課題
- 日本林業の将来課題
- 林業機械開発
- 路網整備
- 森林作業システムの考慮事項

委員ヒアリング指摘は、構造化した観点に整理の上、方針の記載内容と対応付ける

伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿では、車両系・架線系それぞれで2パターン、計４つの作業システムをモデルとして示しその直近で目指すべき姿・将来目指す姿を提示します

機械開発・森林作業システム方針の構成（1章）

目次

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
- 我が国における現状・課題
- 路網整備状況と作業システム
- 作業システムの評価指標

2.　伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿
- 車両系作業システム
  - －緩傾斜地
  - －中・急傾斜地
- 架線系作業システム
  - －タワーヤーダ型
  - －集材機型
- 路網開設における作業システム

3.　造林・育林作業の目指すべき姿
- 造林
- 下刈・除伐
- 枝打ち
- 獣害対策

主たる記載内容

2.　伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿
・作業システムの目標（現状課題を克服）
・直近で実装可能な森林作業システム／遠い将来像
・機械導入の際に検討すべき基準（傾斜／土質）

- **車両系作業システム**
  －緩傾斜地
  －中・急傾斜地
- **架線系作業システム**
  －タワーヤーダ型
  －集材機型
- **路網開設における作業システム**

メーカーヒアリング　林業事業者ヒアリング

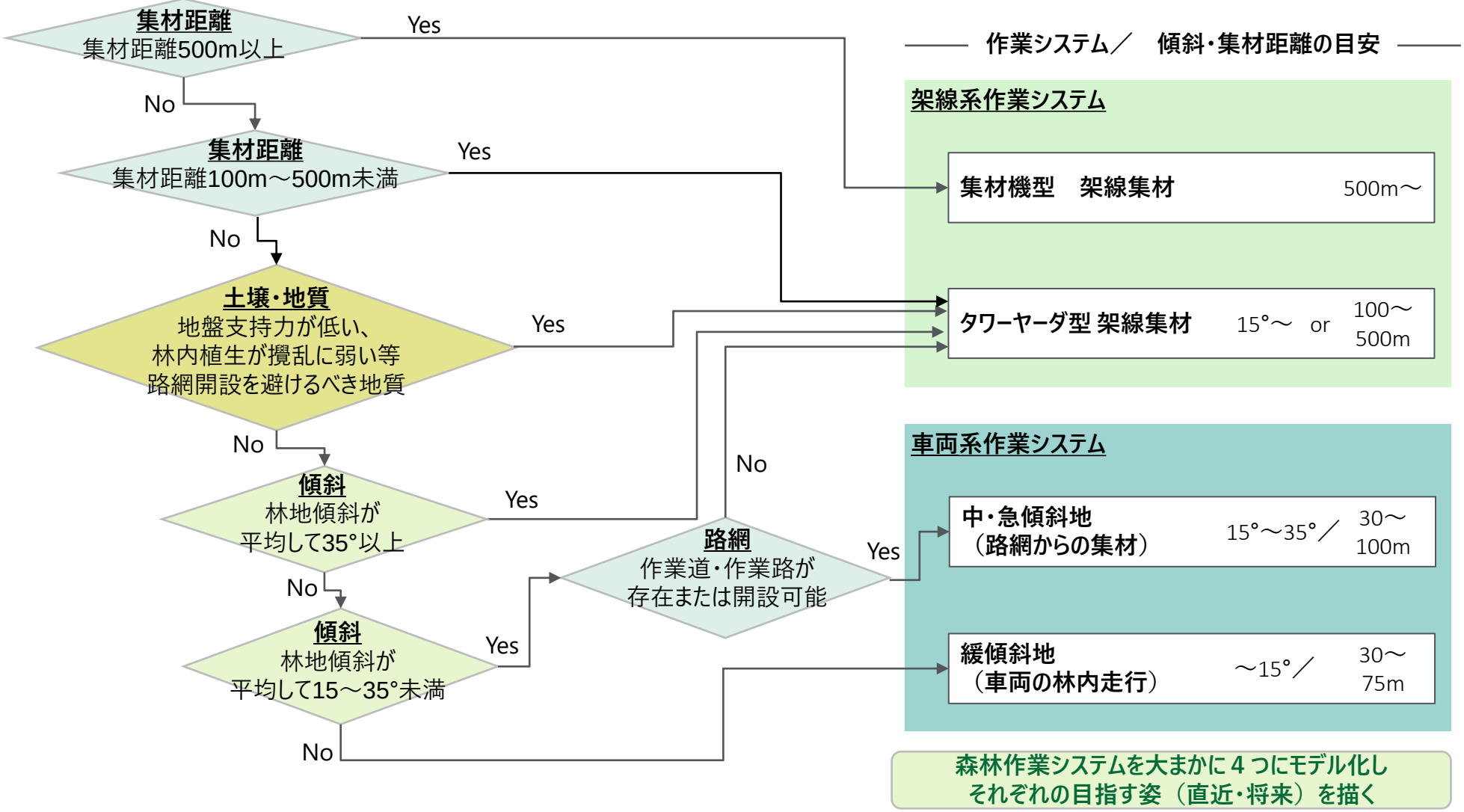
指摘観点

伐採・造材・運材・運材の目指すべき姿

森林作業システムの考慮事項

作業システムは、集材距離・地形傾斜に加え、土壌・地質も考慮した上で総合的に判断して選択・決定することを指針として示します

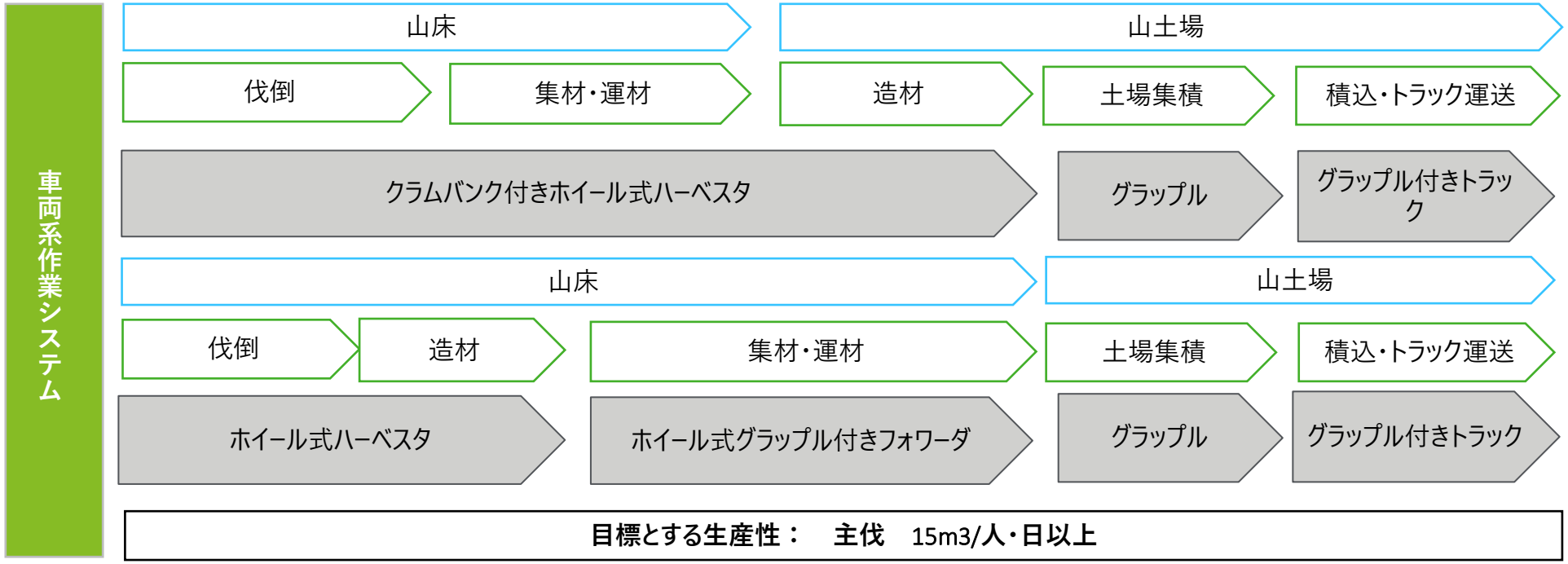
第1章2　森林作業システムの判断フローチャートイメージ（案）



森林作業システムを大まかに４つにモデル化し
それぞれの目指す姿（直近・将来）を描く

緩傾斜地においては林内走行可能な林業機械により一連の作業システムが構成できる想定です（山床からそのまま山土場に運材するケース）

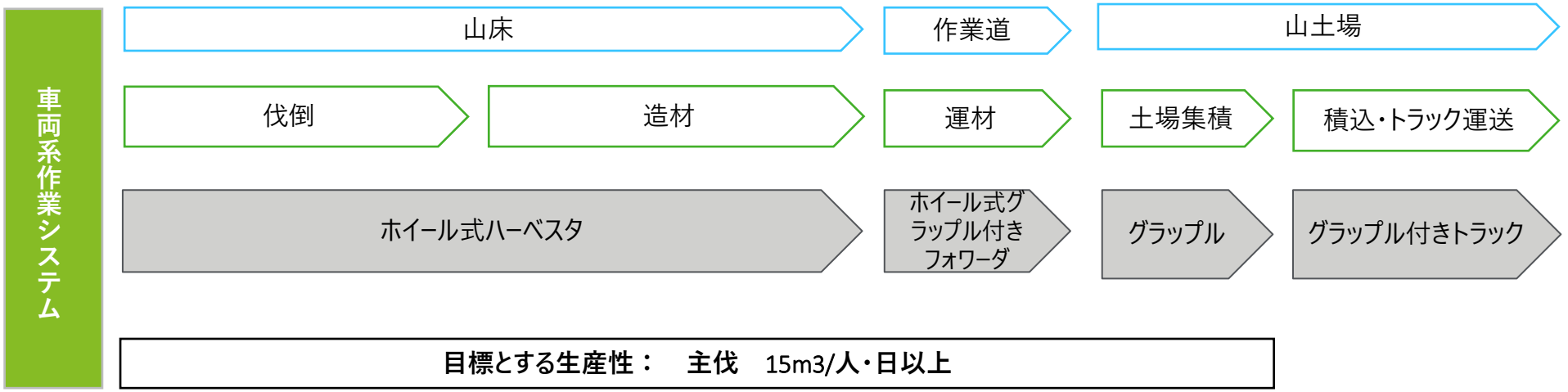
車両系作業システム－緩傾斜地－のイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



目指すべき方向性（案）				
無人化	有人			
自動化	手動操作			
詳細	• 林内を走行可能な車両が伐倒・造材・集材作業を実施する場合と、ホイール式ハーベスタでの伐倒・造材後、ホイール式グラップルフォワーダで集材(CTL)する場合を想定 • 人力でのチェーンソー伐倒作業を必要最小限とする • 造材作業はハーベスタの有人での機械操作により実施	• 可能な限り木材の積み降ろし回数を削減	• キャビンへの積込はグラップル付きトラックにより実施

緩傾斜地においては林内走行可能な林業機械により一連の作業システムが構成できる想定です（山床から作業路を使って山土場に運材するケース）

車両系作業システム－緩傾斜地－のイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



目標とする生産性：　主伐　15m3/人・日以上

目指すべき方向性（案）

無人化	有人		
自動化	手動操作		
詳細	• 林内を走行可能な車両が伐倒・造材作業を実施 • 造材後、ホイール式グラップルフォワーダで運材(CTL)する • 人力でのチェーンソー伐倒作業を必要最小限とする	• 林内の伐採箇所から土場までの材の運送及び土場集積は、グラップル付きフォワーダの有人での機械操作により実施	• キャビンへの積込はグラップル付きトラックにより実施

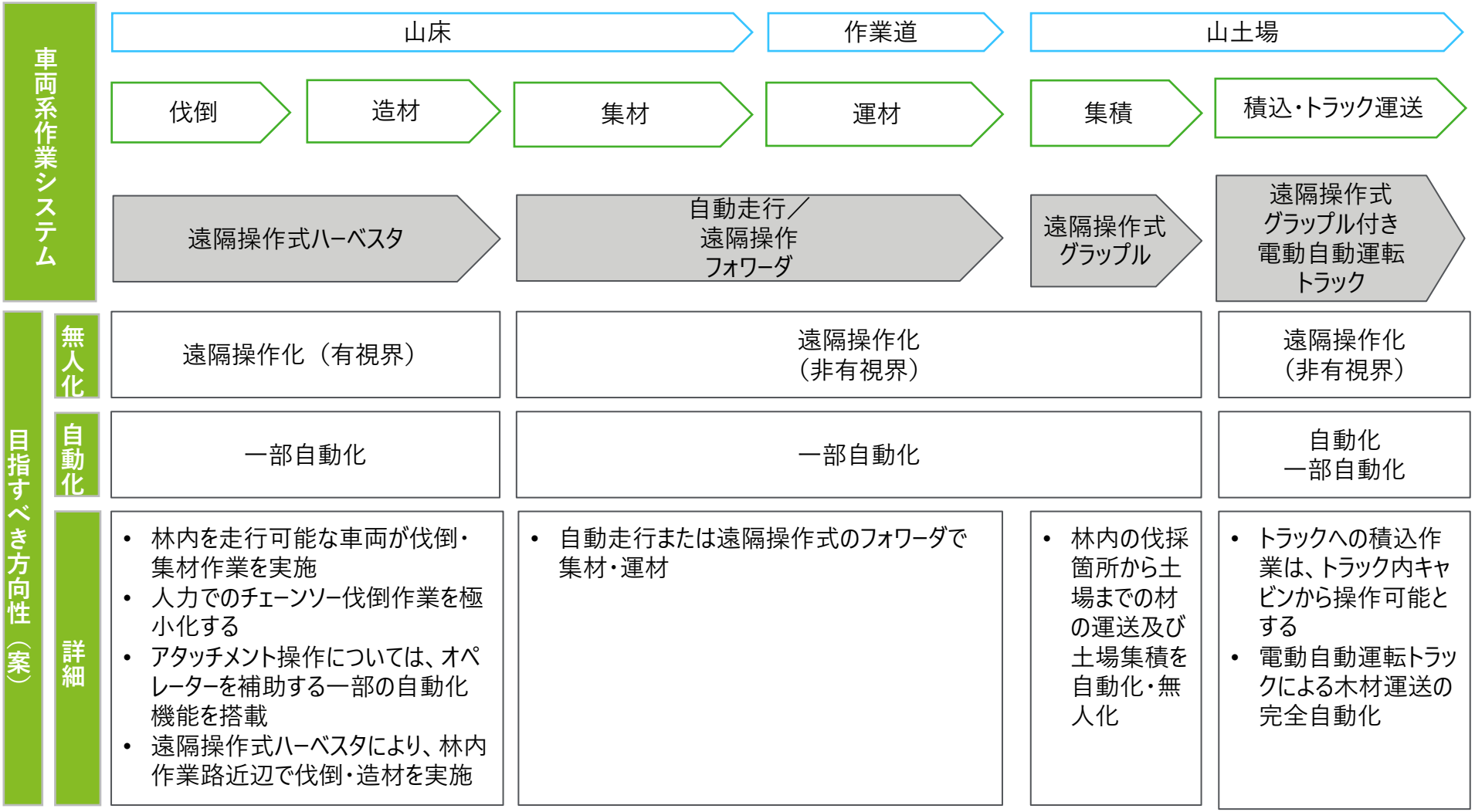
緩傾斜地においては、一連の作業システムが遠隔操作可能な林業機械で構成される将来像を想定します（山床からそのまま山土場に運材するケース）

車両系作業システム－緩傾斜地－の将来像イメージ（遠い将来像の案）

車両系作業システム	山床			山土場	
	伐倒	集材	造材	土場集積	積込・トラック運送
	遠隔操作式クラムバンク付きハーベスタ			遠隔操作式 グラップル	遠隔操作式 グラップル付き 電動自動運転 トラック
目指すべき方向性（案） 無人化	遠隔操作化（有視界）			遠隔操作化 （非有視界）	遠隔操作化 （非有視界）
自動化	一部自動化			完全自動化	自動化 一部自動化
詳細	• 林内を走行可能な車両が、伐倒・集材作業を実施 • 人力でのチェーンソー伐倒作業を極小化する • アタッチメント操作については、オペレーターを補助する一部の自動化機能を搭載 • 遠隔操作式ハーベスタにより林内作業路近辺で伐倒・造材を実施 • 造材について、自動採材等の自動化機能を搭載			• 林内の伐採箇所から土場までの材の運送及び土場集積を自動化・無人化 • 可能な限り木材の積み降ろし回数を削減	• トラックへの積込作業は、トラック内キャビンから操作可能とする • 電動自動運転トラックによる木材運送の完全自動化

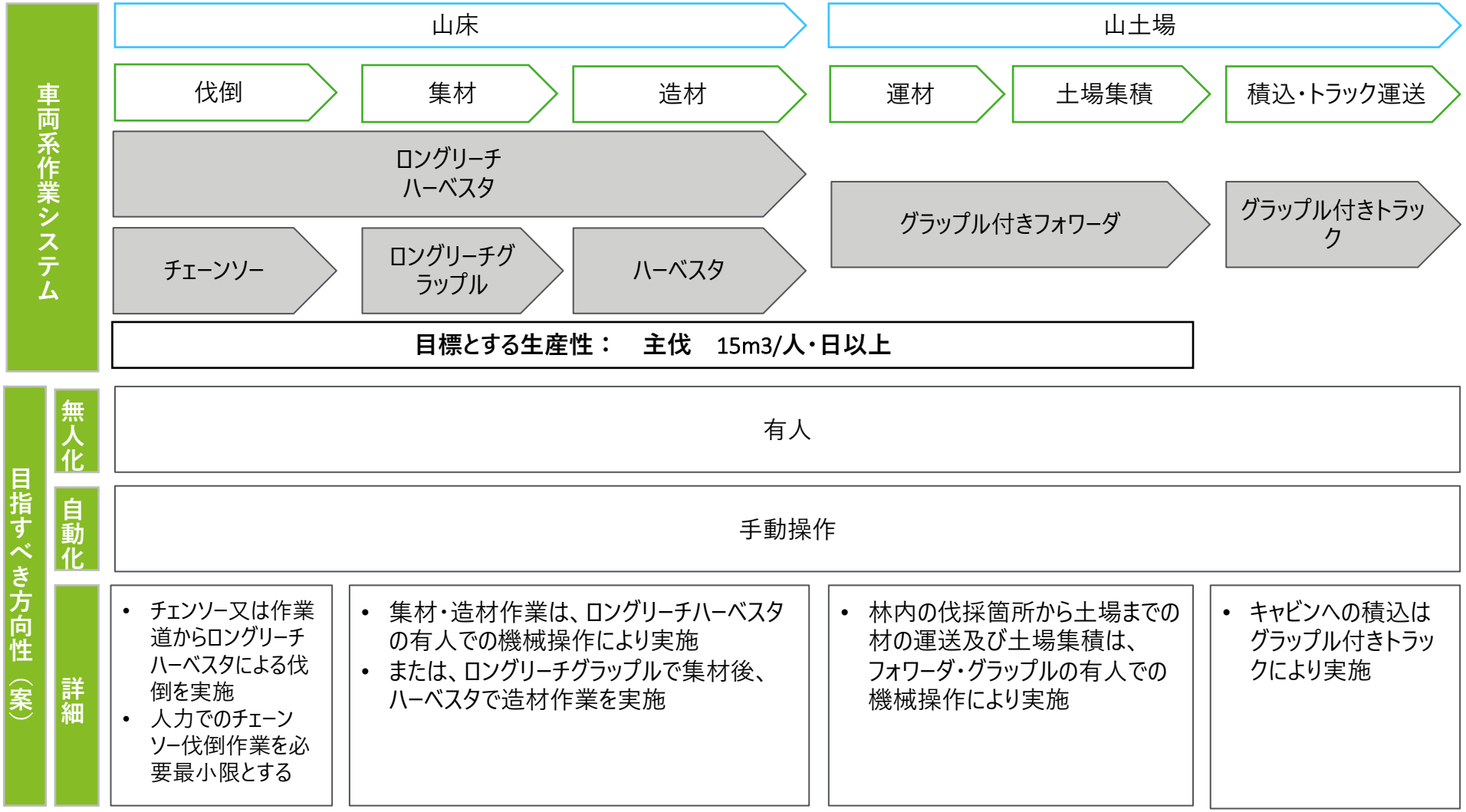
緩傾斜地においては、一連の作業システムが遠隔操作可能な林業機械で構成される将来像を想定します（山床から作業路を使って山土場に運材するケース）

車両系作業システム－緩傾斜地－の将来像イメージ（遠い将来像の案）



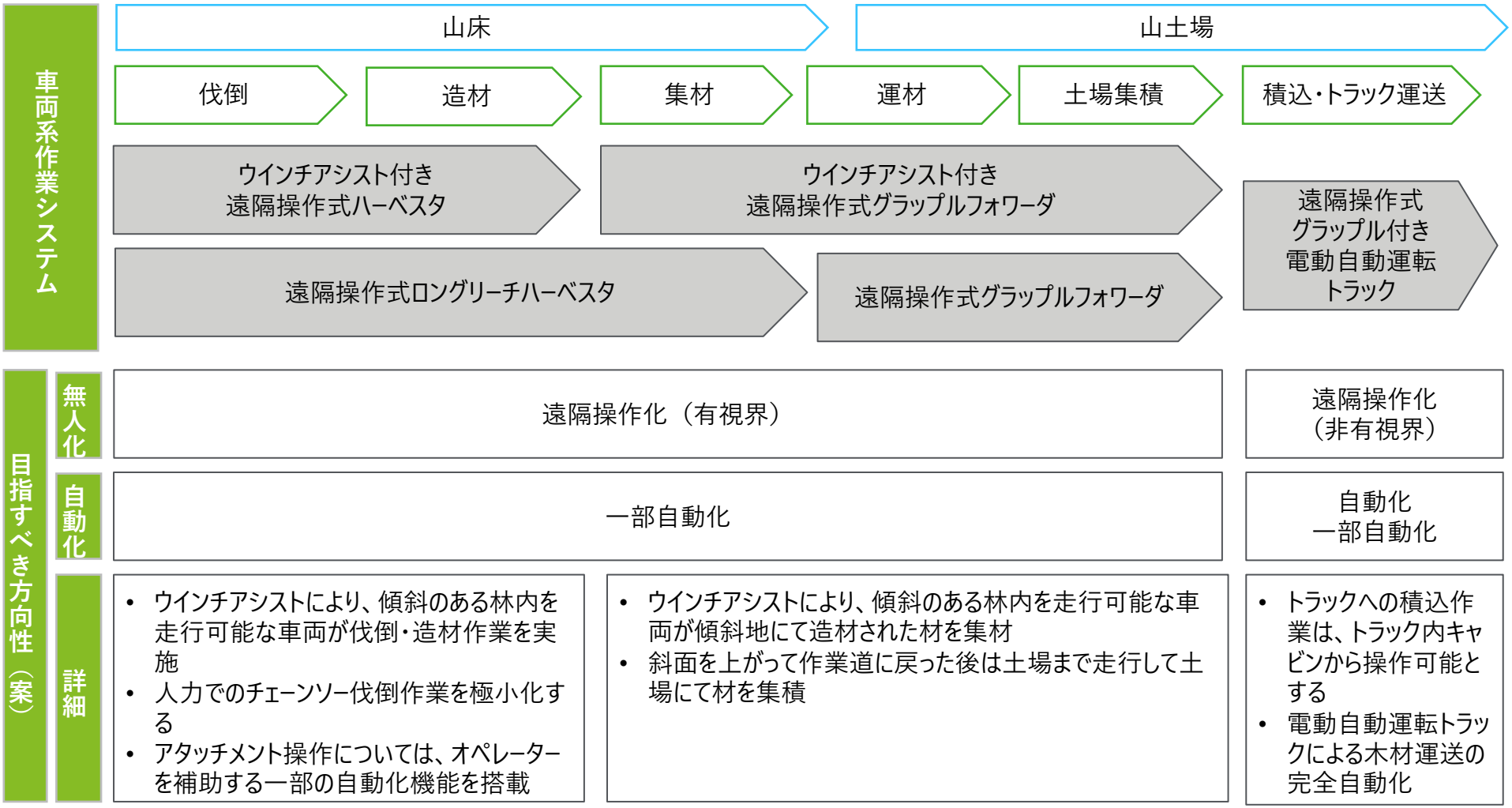
中傾斜地においては、作業道から届く範囲は林業機械が伐倒し、それより離れた箇所はチェーンソー伐倒とする作業システムを想定します

車両系作業システム－中傾斜地－のイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



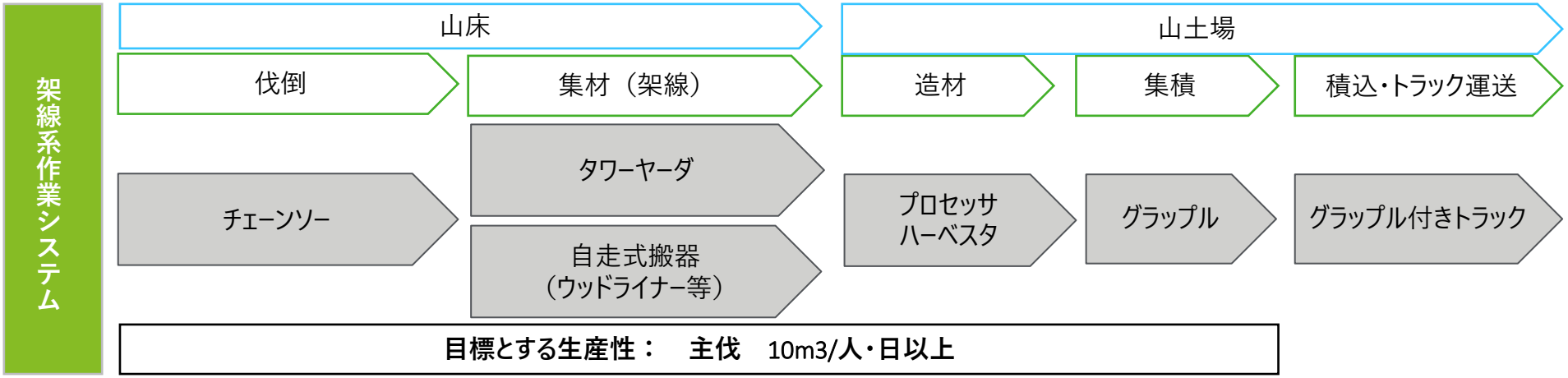
中傾斜地においては、一連の作業システムが遠隔操作可能な林業機械で構成される将来像を想定します

車両系作業システム－中傾斜地－の将来像イメージ（遠い将来像の案）



急傾斜地においては、架線系作業の一部自動化を実装可能な姿として想定します（集材距離500m未満）

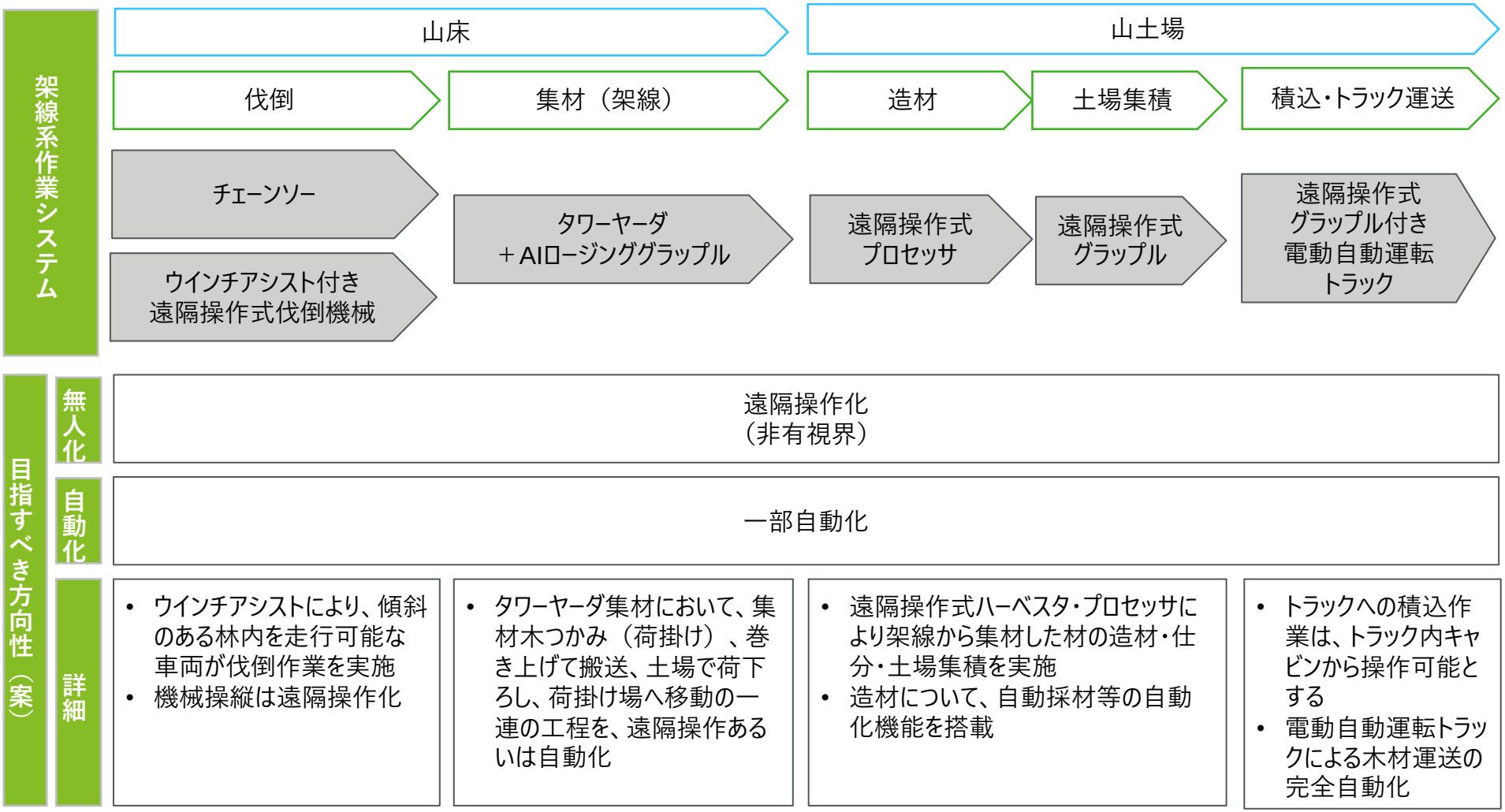
架線系作業システム –タワーヤーダー のイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



目指すべき方向性（案）				
無人化	有人（人力）	遠隔操作化（有視界）	有人	
自動化	手動操作	一部自動化	手動操作	
詳細	• 当面は架線系作業システムにおいてはチェーンソー伐倒が必要	• 集材機は遠隔操作化 • 集材機・自走式搬器の操作、オートチョーカー活用等により一部自動化	• 集材木をプロセッサ等により機械造材 • 造材についてはオペレーター技術による	• キャビンへの積込はグラップル付きトラックにより実施

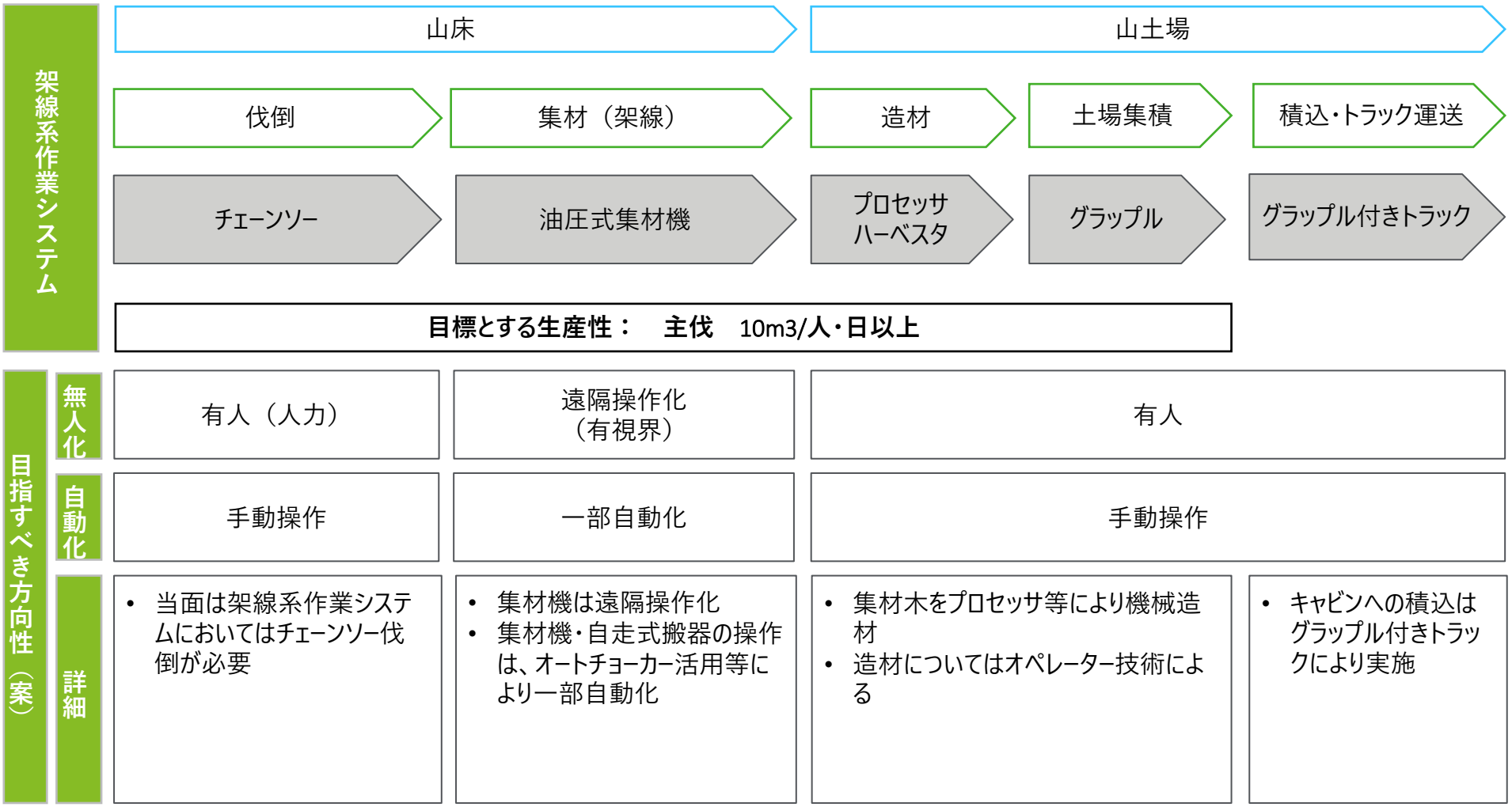
ウインチアシストシステムによる傾斜地の伐倒とチェーンソー伐倒とを併用する姿を想定します（集材距離500m未満）

架線系作業システム –タワーヤーダー の将来像イメージ（遠い将来像の案案）



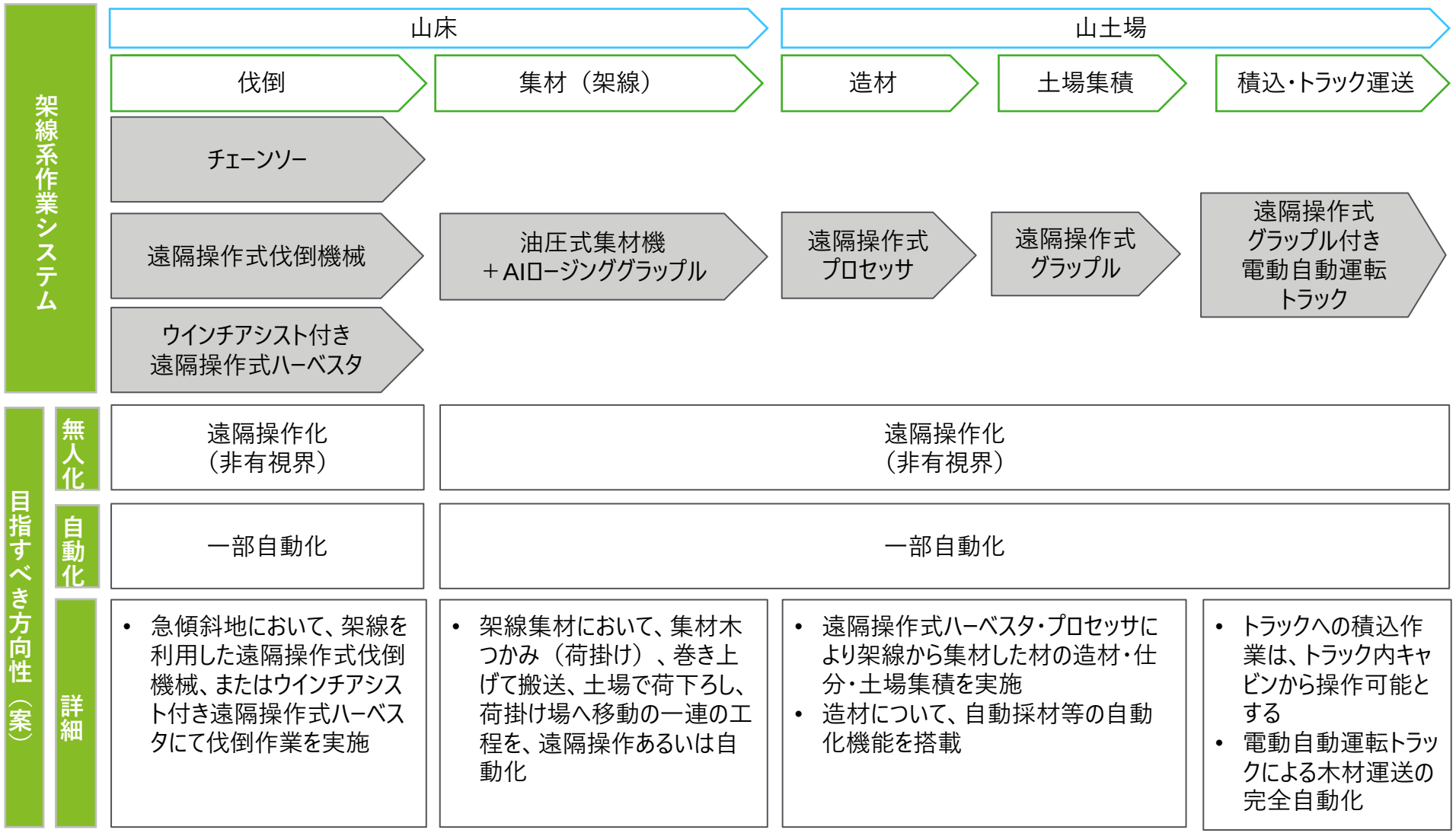
急傾斜地においては、架線系作業の一部自動化を実装可能な姿として想定します（集材距離500m以上）

架線系作業システム－集材機－ のイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



急傾斜地においても、一連の作業システムが遠隔操作可能な林業機械で構成されることを理想としますが、特に伐倒機械について技術的な実現難易度が高いと想定します（集材距離500m以上）

架線系作業システム－集材機－ の将来像イメージ（遠い将来像の案案）



第1章3節では、造林・育林作業の目指すべき姿を提示します

機械開発・森林作業システム方針の構成（1章）

目次

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
- 我が国における現状・課題
- 路網整備状況と作業システム
- 作業システムの評価指標

2.　伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿
- 車両系作業システム
  - 緩傾斜地
  - 中・急傾斜地
- 架線系作業システム
  - タワーヤーダ型
  - 集材機型
- 路網開設における作業システム

3.　造林・育林作業の目指すべき姿
- 造林
- 下刈り・除伐
- 枝打ち
- 獣害対策

主たる記載内容

- **造林**
  ・自動植栽機械による造林作業
  ・皆伐後の確実な再造林の確保
  ・コンテナ苗を活用した一貫作業システム
- **下刈り・除伐**
  ・自動草刈機による下刈り作業
  ・冬下刈りの検討
  ・コンテナ苗、大苗植栽による下刈回数の縮小
- **枝打ち**
  ・XXXXX
- **獣害対策**
  ・ICTを活用した捕獲・撃退

メーカーヒアリング　林業事業者ヒアリング

指摘観点

森林作業システムの考慮事項

第2章1節では、第1章の将来目指すべき姿で掲げた林業機械を開発の推奨対象機械とし、各林業機械に求められる性能要求を記載します

機械開発・森林作業システム方針の構成（２章）

目次

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. 推進対象となる高性能林業機械及び性能要求

2. 林業機械開発及び改良のポイント
- 日本の地形・地質・土壌等による制約条件への対応
- 機械改良による作業システム改善
- 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
- 林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）
- 動力・燃料のゼロエミ化（電動化・ハイブリッド化）
- 現場技能者の装備の高度化

3. 推奨される開発体制
- 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）
- 機械開発における開発体制

主たる記載内容

【個別】
- ・伐倒・造材機械（車両系）
  - －フェラーバンチャー
  - －ハーベスタ
- ・伐倒・造材機械（架線系）
- ・伐倒機械（その他）
  - －自動伐倒機械・ロボット伐倒
- ・集材機械（車両系）
  - －自動走行フォワーダ（クローラ型、ホイール型）
- ・集材機械（架線系）
  - －油圧式集材機
  - －タワーヤーダ
  - －スイングヤーダ
  - －AIローディンググラップル
- ・隣地残材処理
  - －移動式チッパー
- ・運送機械
  - －VRゴーグル グラップル付きトラック
- ・造林・育林用機械

【共通】
- ・林業用ベースマシンの強化（ホイール型の開発）
- ・ウインチアシストシステム

メーカーヒアリング　林業事業者ヒアリング

指摘観点

林業機械開発

森林作業システムの考慮事項

第2章2節では、遠隔化・自動化・無人化等に必要な要素技術の他、機械改良が求められるポイントについて整理していきます

機械開発・森林作業システム方針の構成（２章）

目次

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. 推進対象となる高性能林業機械及び性能要求

2. 林業機械開発及び改良のポイント
- 日本の地形・地質・土壌等による制約条件への対応
- 機械改良による作業システム改善
- 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

- 林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）
- 動力・燃料のゼロエミ化（電動化・ハイブリッド化）
- 現場技能者の装備の高度化

3. 推奨される開発体制
- 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）
- 機械開発における開発体制

主たる記載内容

- **日本の地形・地質・土壌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
  ・大径材化への対応

- **機械改良による作業システム改善**
  ・XXXXX
  （自動化・無人化・遠隔化等以外で求められる機械改良）

- **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**
  ・無人化・遠隔操作化
  －無線コントロール
  ・自動化
  －精確な位置情報の特定（GNSS、GPS）
  －LiDAR、SLAM
  －誘導線
  －QRコード
  －追従走行
  －AI・画像認識

メーカーヒアリング　林業事業者ヒアリング

指摘観点

- 日本の地形・地質による制約条件対応
- 林業機械開発
- 通信インフラ整備
- 森林作業システムの考慮事項
- 機械の無人化・遠隔化・自動化
- GNSS等による精確な位置情報の特定

今後整備されるべき林業機械の利用環境、現場技能者装備等についても言及します

機械開発・森林作業システム方針の構成（２章）

目次

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. 推進対象となる高性能林業機械及び性能要求

2. 林業機械開発及び改良のポイント
- 日本の地形・地質・土壌等による制約条件への対応
- 機械改良による作業システム改善
- 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
- 林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）
- 動力・燃料のゼロエミ化（電動化・ハイブリッド化）
- 現場技能者の装備の高度化

3. 推奨される開発体制
- 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）
- 機械開発における開発体制

主たる記載内容

- **林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）**
  - ・機械開発の基盤となる通信インフラの整備
    - －LPWA
    - －ローカル５G等（許可申請、規制改革等）
    - －インフラ整備における行政関与の必要性
  - ・ICT生産管理への対応（データ標準化等）
  - ・航空レーザー測量の推進
- **動力・燃料のゼロエミ化（電動化・ハイブリッド化）**
  - ・水素燃料
- **現場技能者の装備の高度化**
  - ・アシストスーツによる軽労化、スマートグラス、ウェアラブルデバイス等

メーカーヒアリング

指摘観点

- 森林作業システムの考慮事項
- 通信インフラ整備
- GNSS等による精確な位置情報の特定
- 林業機械開発
- 環境への配慮・森林保全

第2章3節では、林業機械の開発体制や現場ニーズ収集について言及します

機械開発・森林作業システム方針の構成（２章）

目次

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. 推進対象となる高性能林業機械及び性能要求

2. 林業機械開発及び改良のポイント
- 日本の地形・地質・土壌等による制約条件への対応
- 機械改良による作業システム改善
- 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

- 林業機械の利用環境整備（通信システム、データ標準化等）
- 動力・燃料のゼロエミ化（電動化・ハイブリッド化）
- 現場技能者の装備の高度化

3. 推奨される開発体制
- 機械開発における開発体制
- 現場ニーズの情報共有プラットフォーム（仮）

主たる記載内容

- **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

- **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

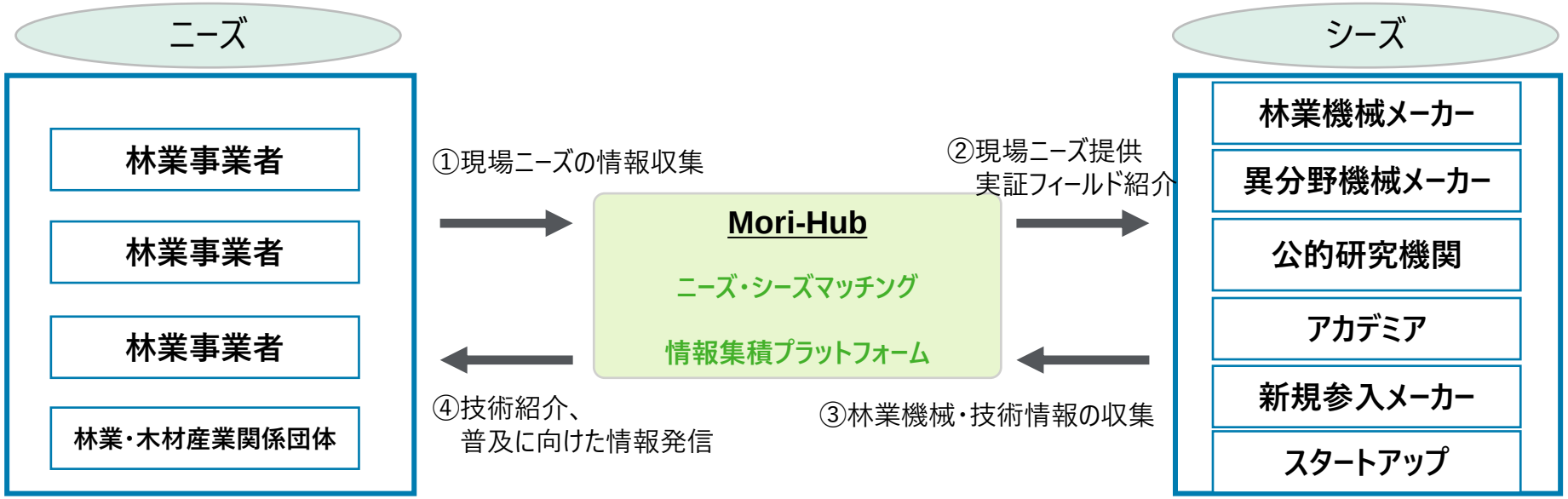
メーカーヒアリング　林業事業者ヒアリング

指摘観点

林業機械開発

林業事業者のユーザーニーズを蓄積し、機械開発に活かすための情報集積プラットフォームとしての機能が必要と考えられます

林業機械開発における情報集積プラットフォームイメージ



想定されるMori-Hubの機能

①	現場ニーズの情報収集	林業機械開発・改良に関する現場ニーズを聞き込み情報を集積
②	現場ニーズ提供、実証フィールド紹介	集積した情報を提供し、現場ニーズをシーズ側に効率的に伝達。実証地の紹介も実施
③	林業機械・技術情報の収集	林業機械の開発情報、最新技術情報等を集積
④	技術紹介、普及に向けた情報発信	各林業事業者への技術紹介、普及に向けた情報発信を行う

第3章では、新たな森林作業システム普及定着のための条件について追加ヒアリングの情報も踏まえつつ記載します

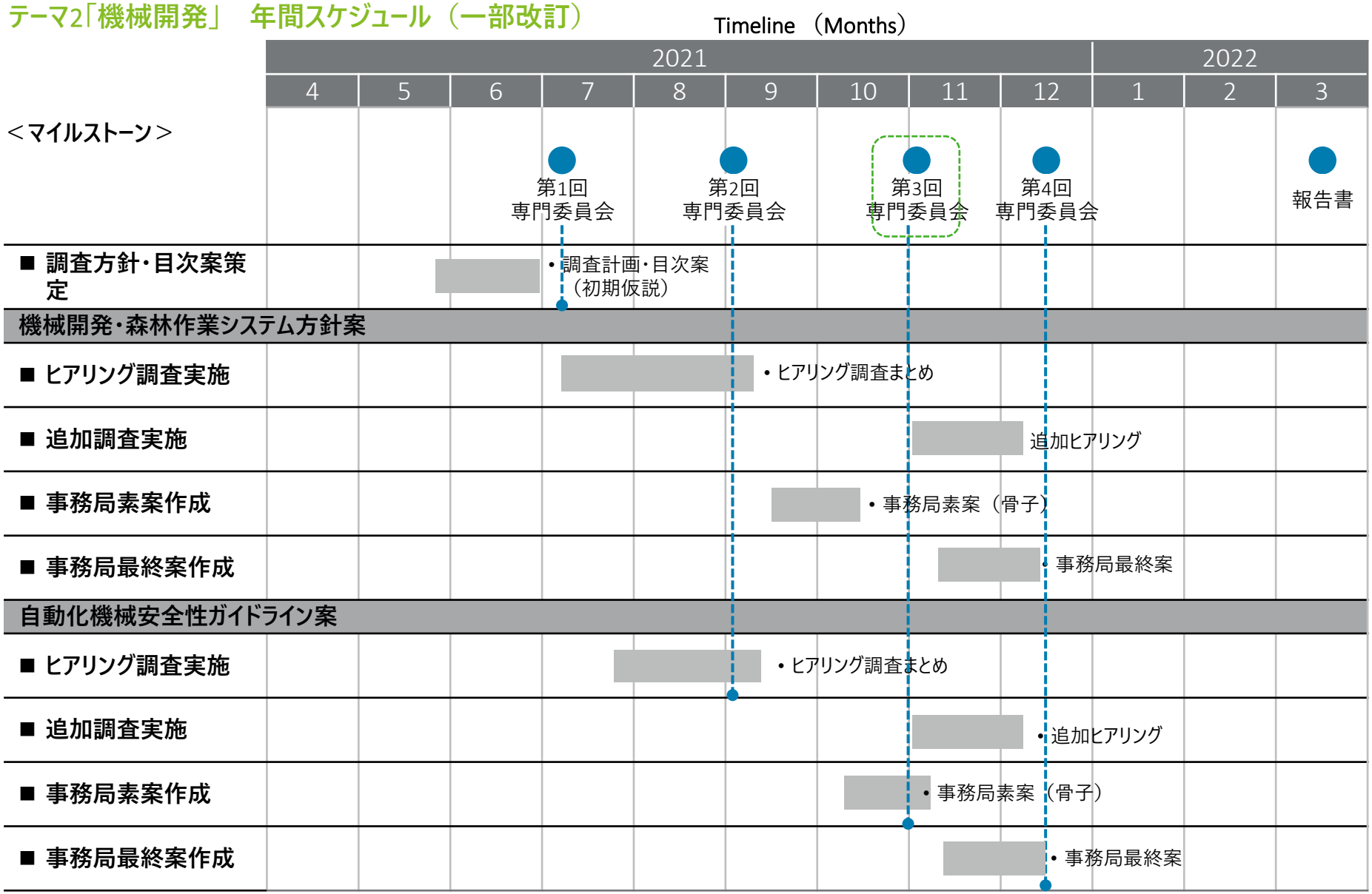
機械開発・森林作業システム方針の構成（３章）

目次	主たる記載内容	指摘観点
第３章　新たな森林作業システム普及定着の条件整備		
1. 利用組織等の整備 2. 路網の整備 3. 環境への影響に配慮した機械作業の実施 4. 普及指導体制の整備	• **追加調査により、新たな森林作業システム普及定着の条件等について深掘りし、とりまとめます** 林業事業者ヒアリング	

自動化機械安全性ガイドラインは骨子案に基づき各章の執筆を開始する

自動化機械安全性ガイドラインの構成

目次	主たる記載内容	指摘観点
第一部　共通事項 **1　林業における作業安全対策の現状** **2　林業における事故の類型** （1）代表的な事故・要因 （2）事故の類型化	**参考資料参照** • 『農林水産業・食品産業の現場の新たな作業安全対策に関する有識者会議における、令和2年度調査事業成果』を活用し、林業における事故分析の結果を掲載	
3　林業における遠隔操作化・自動化の進展 （1）自動化・無人化・遠隔化技術の現状 （2）今後の技術開発動向、作業時におけるリスク **4　林業の遠隔操作化・自動化における安全確保のための指針**	• ヒアリング等で収集した情報を元に、技術開発進展状況、安全確保の指針等を整理	林業機械開発 通信インフラ整備
第二部　林業機械の種類別追加事項 （1）林業用苗木運搬ドローン （2）自走式草刈機 （3）自動伐倒機械 （4）自動走行フォワーダ （5）ウインチアシストシステム （6）木材搬出トラックの自動運転 ・ ・	• 追加調査により必要に応じ林業機械種類を追加	

第4回委員会に向け、追加調査を実施しつつ、事務局最終案を作成してまいります

テーマ2「機械開発」　年間スケジュール（一部改訂）