

テーマ2

機械開発 報告書

目次

1.調査目的・調査方針の概要	3
2.林業課題整理	6
3.ヒアリング調査	14
4.森林作業システム・機械開発方針案	17
5.自動化機械安全性ガイドライン案	17

1.調査目的・調査方針の概要

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した

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取りまとめ

機械開発・森林作業システム方針案	
目次	
第1	新たな森林作業システムの目標
第2	新たな森林作業システムに必要な、高性能林業機械の開発及び改良の指針
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

計20頁程度を想定
 近年の森林・林業や機械開発・利用動向を前提
 伐採・集材・運材・造林の「遠隔作業化」「自動化」に重点
 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	
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種類
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

計30頁程度を想定
(本体10頁、付属資料20頁)
 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／ガイドライン案

デスクトップ・ヒアリング調査を中心に情報を収集、成果物骨子案をブラッシュアップし、成果物を最終化しました

テーマ2「機械開発」 調査の進め方

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 等

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

- 2.デスクトップ調査
- 3.ヒアリング調査

デスクトップ調査で林業機械化の進展状況等を把握した上で成果物目次案を作成、ヒアリングで研究動向等の詳細を把握しました

基礎調査ステップ

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
- 文献調査を行い、「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」の目次案（骨子）を作成

▶ 参照予定文献

1. 月刊誌「機械化林業」 ※
2. 季刊誌「森林利用」 ※
3. 林野庁機械開発事業報告書 ※
4. 路網のあり方検討会報告書
5. 研修教材2019 路網を活かした森林作業システム
6. スマート林業構築普及展開事業報告書

※いずれも最新2年分を目安

2. ヒアリング調査

- 以下調査項目について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、現場ニーズ等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】

- 中長期的な作業システム等の将来像、技術開発課題
- 現在の技術開発シーズ

【自動化機械安全性ガイドライン】

- 自動化により増減するリスク
- 自動化に向けた安全対策 等

#	ヒアリング調査先	
1	研究機関	森林総合研究所 毛綱領域長
2		森林総合研究所 中澤室長
3		森林総合研究所 鈴木室長
4		東京農工大学 岩岡准教授
5		京都大学 長谷川准教授
6	開発メーカー	株式会社筑水キャニコム
7	林業事業者	株式会社柴田産業
8		株式会社とされいほく

文献・調査レポート等より、機械の遠隔化・自動化事例を収集し整理しました

デスクトップ調査とりまとめ（抜粋）

情報ソース	タイトル	カテゴリ	作業工程	機械名称（メーカー名） 機械名がない場合、【技術内容】	概要
令和元年度スマート林業報告書 ((株)筑水キャニコム)	造林作業の省力化に向けたコンテナ苗植栽のための穴掘り機構および自動化に向けた無線誘導技術の開発・改良	機械化	造林・植栽	植栽用アタッチメントの開発・改良 ((株)筑水キャニコム)	地拵え・下刈り作業用の造林機械に取り付け可能な植栽用アタッチメントの開発・改良に取り組み、造林作業の全般をアタッチメントの交換で可能とし、林内作業における機械の稼働率を上げることで、作業の軽労化、省力化、効率化を図る。
機械化林業	ドローンを活用した造林資源運搬と省力化・低コスト化の検証について	遠隔化	造林	造林資材運搬ドローンUKN 2 (上道キカイ(株))	発送地点、荷受け地点にオペレータを配置し、2つのコントローラでドローンを操作。無線によりコントローラの切り替えを行える。荷受け地点で確認をしながらドローンの操作ができることにより、飛躍的に効率性が向上。荷受けの効率化を図るために、に外しが自動で可能となっている。
機械化林業	林業イノベーションの加速に向けて	遠隔化	造林	遠隔操作式の小型下刈機 ((株)筑水キャニコム)	40度の傾斜地に対応した遠隔操作式の下刈機。植栽間隔の狭い1.8mの造林地でも利用可能。将来的には、GNSSを活用し、自動化につなげることも見据えている。
機械化林業	林業イノベーションの加速に向けて	自動化	造林	立木位置情報管理システム ((株)フォテック)	ドローンの空撮写真をAIで解析し、植栽計画を自動で提案し、その計画を基に、GNSSを用いて植栽位置を誘導するシステム。(造林作業は自動ではなく、あくまで植栽の計画を自動で行い植栽位置まで誘導する仕組み。)
【事業成果報告書】サナス・福島県木連 (R2省力化機械開発推進対策)	大型タワーヤードを用いた画像遠隔操作式ローディング・グラップル集材の実証	遠隔化	集材	大型タワーヤードとローディンググラップルを組み合わせた効率的な集材の実施とリモートカメラを用いた遠隔操作の実現 ((株)サナス、福島県木材協同組合連合会)	オペレータはハーベスタ操縦室内で画像モニタを見ながら、リモコン操作でタワーヤードの架線制御と架線式グラップル搬器による材の荷掴み・搬出・荷下ろし作業を行うことが可能。
【事業成果報告書】諸岡 (R2省力化機械開発推進対策)	先端技術を活用したフォワードの安全性の向上	遠隔化	集材	先端技術を活用したフォワードの開発 ((株)諸岡)	フォワード内部機構を電子制御化し、走行及び材の積込み・積下し作業をリモコン遠隔操縦で実施。センシング技術等を利用して取得した積込丸太の重量等のデータ及びフォワード自体の稼働データ等を自動記録するシステムを開発し、作業情報管理の省力化、効率化を実現。

【機械開発・森林作業システム方針案】

将来的な森林作業システムの目指すべき姿に向けた方針案として構成しました

調査方針

既存文献調査／自動化等概念整理 森林作業システムの将来の目指すべき姿検討

■ 文献調査

➢ 現在の技術開発・現場実証動向を調査

■ 自動化・無人化・遠隔化技術の概念整理

➢ 異分野において進展している自動化・無人化・遠隔化技術について、概念を整理した上で具体的な要素技術等を調査する

■ 将来の目指すべき姿検討

- ① 遠い将来像：自動化・無人化技術の導入により、林業労働者を3K労働（きつい、危険、高コスト）から解放した森林作業システムの目指すべき姿を描く
- ② 直近で実装可能な森林作業システム像：既に関係・実用化が進みつつある先進的な林業機械で構成可能な森林作業システム像も描く



機械開発・森林作業システム方針 目次案作成・重点調査項目の設定

目次案

illustrative

第1 新たな森林作業システムの目標

- 森林作業システムにおける現状と課題
- 1 伐採・集材・運材の目指すべき姿
 - ✓ 車両系作業システム（緩傾斜地、中傾斜地）
 - ✓ 架線系作業システム（急傾斜地、急峻地）
- 2 造林作業の目指すべき姿

①遠い将来像
②直近で実装可能な森林作業システム像の2種類を示す

第2 新たな森林作業システムに必要な、高性能林業機械の開発及び改良の指針

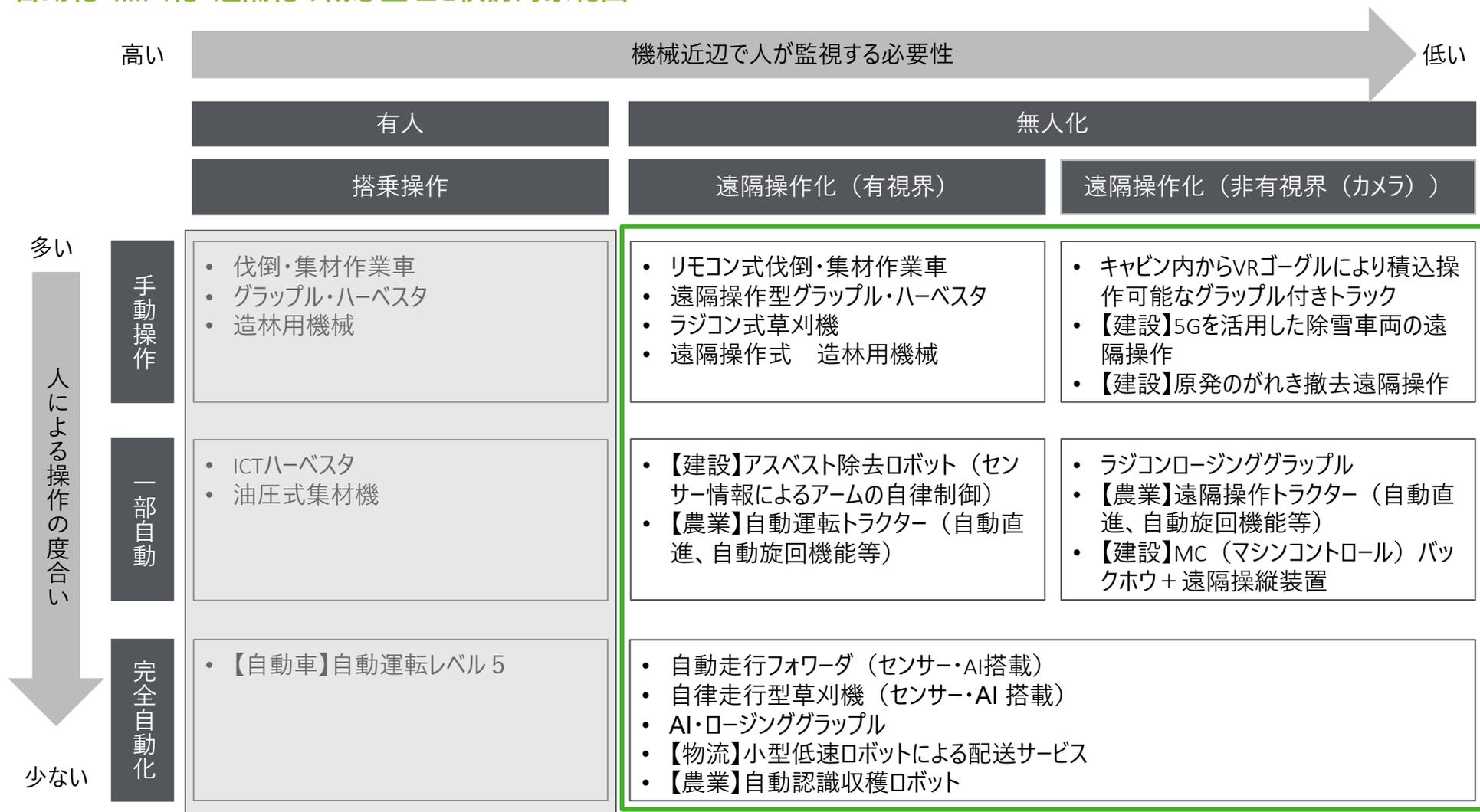
- 1 推進対象となる高性能林業機械及び要素技術
- 2 林業機械及び要素技術の開発及び改良のポイント
 - ✓ 林業機械の無人化・遠隔操作化・自動化（AI、画像認識、油圧式等）
 - ✓ 林業機械のデジタル化（通信システム、データ標準化等）
 - ✓ 動力・燃料のゼロエミ化（電動化・ハイブリッド化）
 - ✓ 装備の高度化（アシストスーツによる軽労化、スマートグラス、ウェアラブルデバイス等）
- 3 開発体制・スケジュール、KPI

重点調査項目

第3 新たな森林作業システム普及定着の条件整備

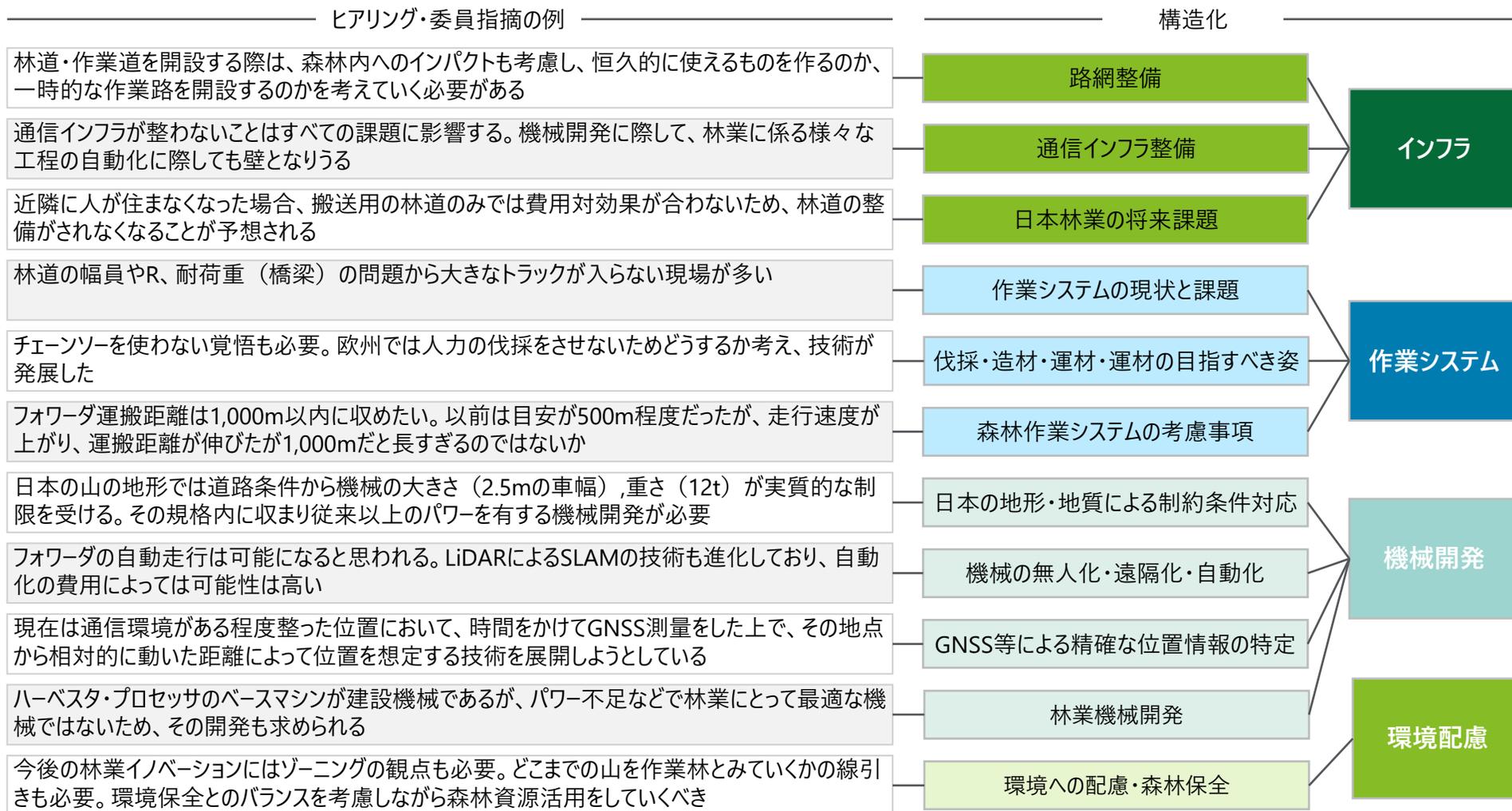
機械開発方針における自動化・無人化・遠隔化の概念を整理しました

自動化・無人化・遠隔化の概念整理と検討対象範囲



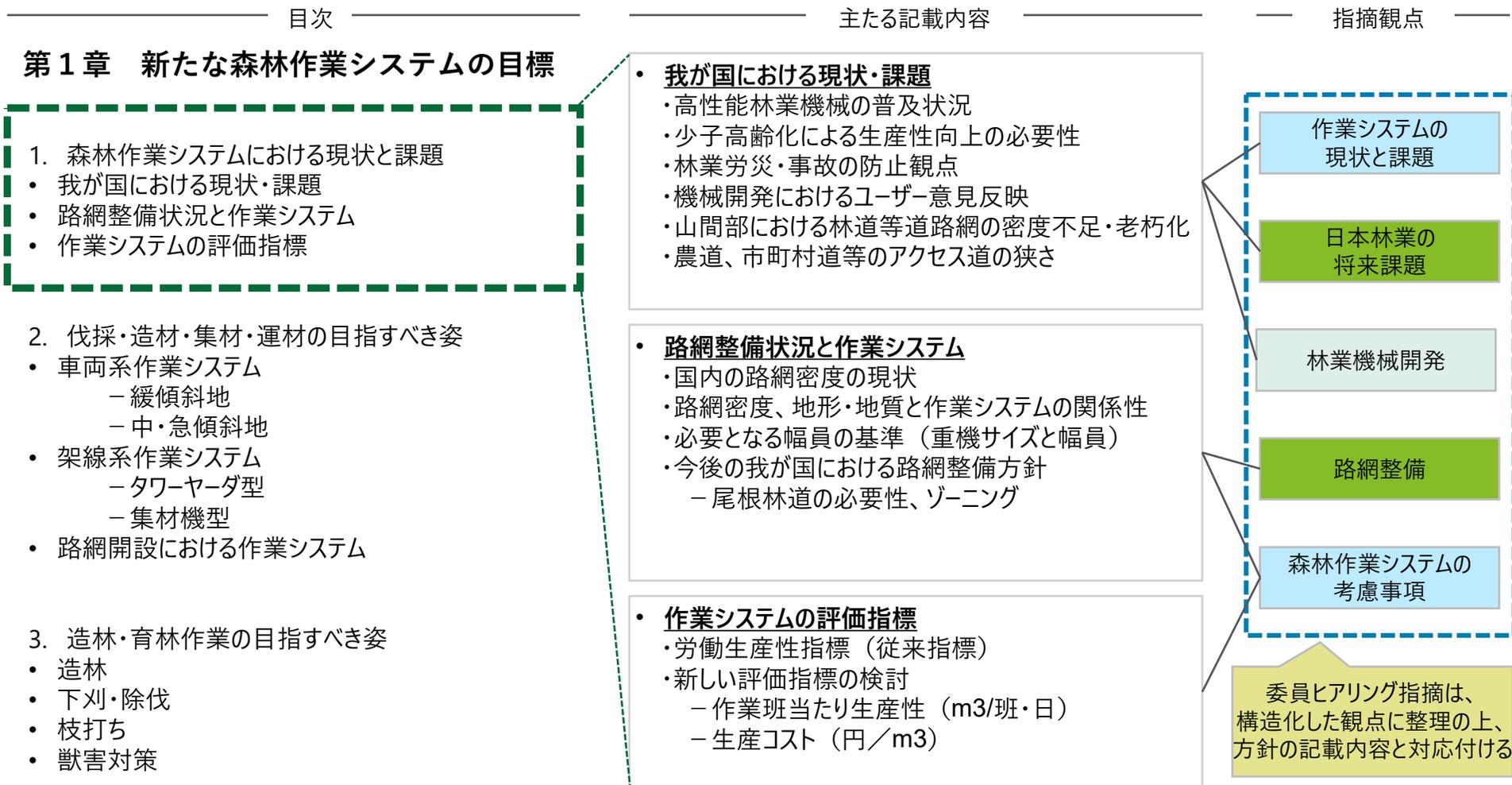
ヒアリング・委員指摘の各観点を4つの要素に大別。これらの事項を目次の各章に対応づけ、意見・指摘を方針の中に位置付けました

機械開発方針についてのヒアリング・委員指摘の構造化



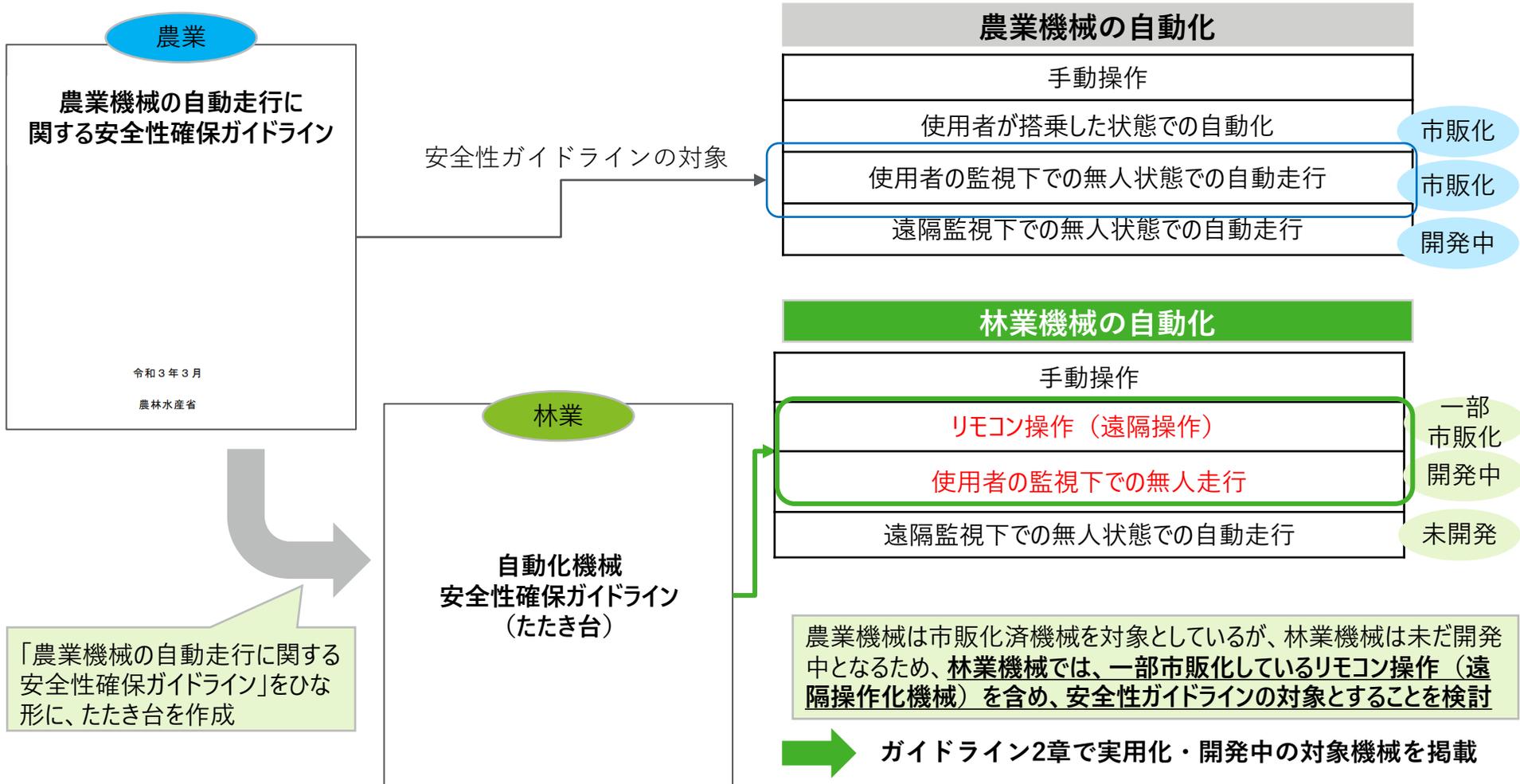
成果物の各記述にヒアリング指摘観点を組み込む構成としました

機械開発・森林作業システム方針の構成（1章サンプル）



農業の自動化機械安全性ガイドラインをひな形に林業版ガイドライン（たたき台）を作成、林業機械の開発状況を踏まえ、ガイドラインの対象とする林業機械の定義を検討しました

自動化機械安全性ガイドライン案（たたき台）の作成



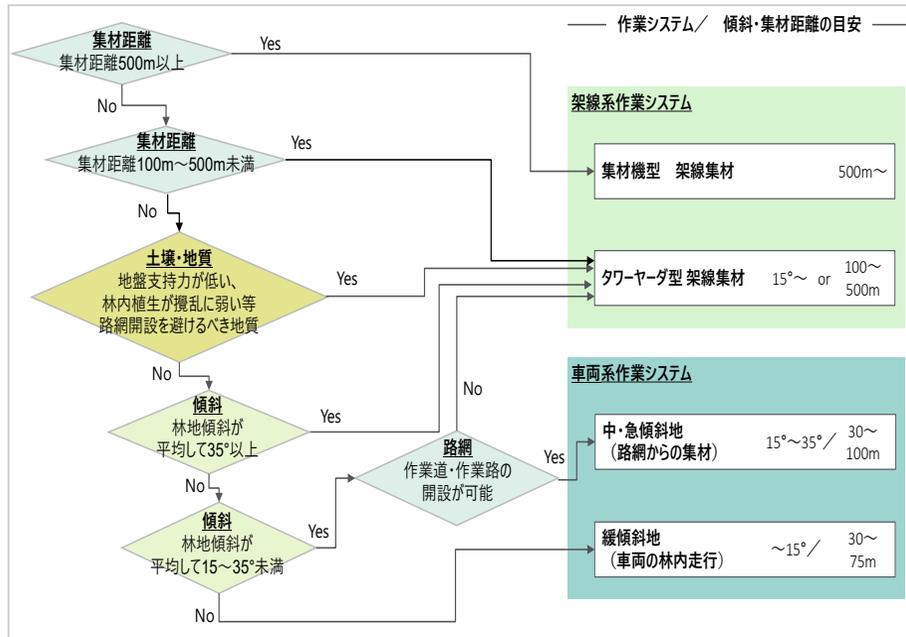
4.森林作業システム・機械開発方針案

第一章では、我が国のインフラ・林業機械普及状況等を踏まえた上で、今後の目指すべき森林作業システム像に言及する構成としました

機械開発・森林作業システム方針案

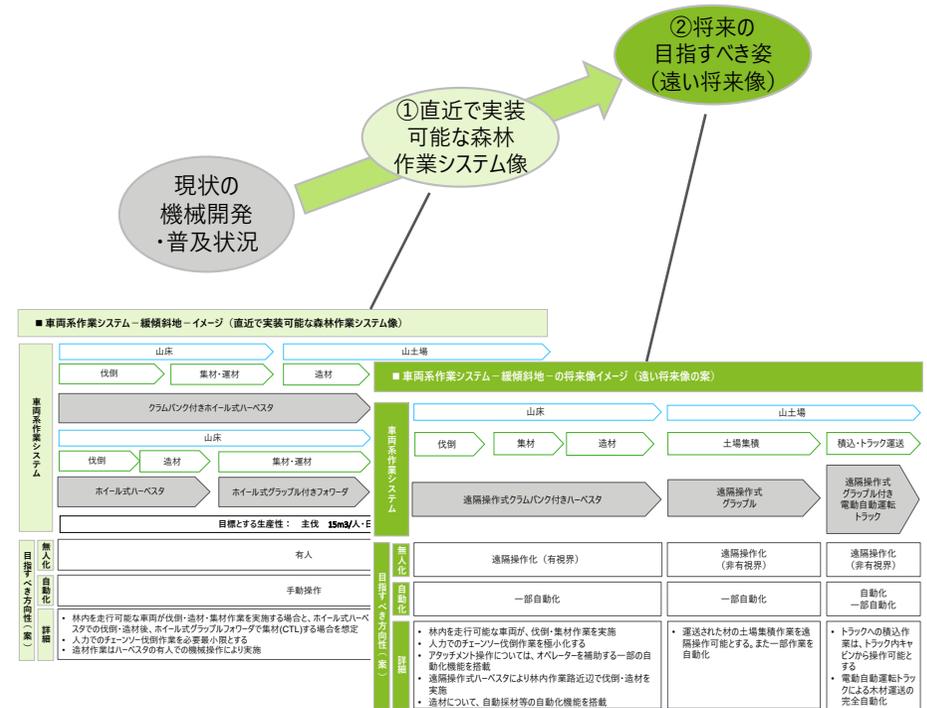
第一章 新たな森林作業システムの目標

2. 伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿 地域に応じた森林作業システムの選択



- 集材距離、路網開設条件、土壌・地質、傾斜などによって作業システムを選択
- 森林作業システムのタイプと、架線系と車両系に大別し、それぞれ2つずつ、計4つの作業システムをモデル化

2. 伐採・造材・集材・運材の目指すべき姿 2.1 車両系作業システム



- ①直近で実装可能な森林作業システム像と、②将来の目指すべき姿 (遠い将来像) の2つの作業システム像を示し、作業システムの未来像と開発の方向性を示す

第二章で今後目指すべき森林作業システム像において必要となる林業機械、及びその性能要求、機械開発体制等に言及、第三章では普及定着条件について整理しました

機械開発・森林作業システム方針案の作成

第二章 新たな森林作業システムに必要な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
 - 日本の地形・地質・土壌等による制約条件への対応
 - 環境対応
 - 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）
2. 推進対象となる高性能林業機械及び性能要求
 - 車両系/架線系作業システムの代表的な個別機械について、求められる性能や開発の方向性を言及
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

- 第一章で示した作業システム像を実現するために必要な機械開発について言及
- 自動化・無人化・遠隔化等に必要となる諸技術についても記載

第三章 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. 通信環境の整備
4. 環境への影響に配慮した機械作業の実施
5. 普及指導体制の整備

- 高性能林業機械を活用した新しい森林作業システムの普及定着に必要な諸条件を整理
- 各主体に求められる施策等に言及

5. 自動化機械安全性ガイドライン案

安全性ガイドライン案は第二章で共通事項、第三章で林業機械の種類別事項を整理する構成としました

安全性ガイドライン案の構成

目次

主たる記載内容

指摘観点

序論

基本的な考え方／ガイドラインの構成、等

第二章 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

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

第三章 林業機械の種類別追加事項

- (1) 自走式トラクションウインチ
- (2) フェラーバンチャー（遠隔操作）
- (3) ハーベスタ（遠隔操作）
- (4) ラジコン式伐倒作業車
- (5) フォワーダ（遠隔操作・自動走行）
- (6) スキッド（遠隔操作）

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

- 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

- 林業機械種類は、開発中の機会についても追加している

林業機械開発

通信インフラ整備

機械開発方針と同様、委員ヒアリング指摘も対応づけた

現状の開発・販売状況から安全性ガイドラインの対象とする機械を選定し、成果物名称を「林業機械の遠隔操作化・自動化に関する安全性確保ガイドライン（案）」と設定しました

遠隔化・自動化林業機械の販売・開発状況

