

テーマ2

機械開発

第1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2回資料 対応箇所
機械開発 方針	■ 日本と海外の林業の違いとして、雪があること、平地が少ないこと、森林鉄道がすでに廃線になっていることなど日本特有の問題がある。単なる機械の話だけではない。	■ 第一章の「現状と課題」において、日本林業に存在する制約条件についても記載する ■ 重要調査項目に「燃料（電動化）」も加える	P.5
	■ キャタピラが入れないなど制約条件のある地域もあるため、制約条件の欄も必要。 ■ 林業の燃料補給の問題、通信の問題（電波が入らないなど）、クラウドの連携については、すべての機械においてかかわってくると思われるので事前に検討する必要がある。		
	■ 路網整備についても同時に考えたい。作業道・林道についても検討が必要。	■ 目次第一章において、「既存の路網整備状況と作業システムの関係性の説明」を挿入	p6
	■ 長期的に大幅に生産性を上げるための技術目標と、短期的に少しずつ達成する目標を同時に持たねば実効性がなくなる。	■ （委員会前から変わらず）委員会案で示した2つの将来像「①将来の目指すべき姿（遠い将来像）」「②直近で実装可能な森林作業システム」を示すことで対応	P5

※委員名は委員会資料では省略

調査項目とヒアリング調査候補先：テーマ2 機械開発

下記はロングリストであり、調査内容に応じて
リスト中の候補先へのヒアリングを実施

：森林総研

：異分野

		論点／調査項目	ヒアリング調査先	備考
機械開発・森林作業システム方針	作業システム	伐採・搬出システムの将来像や中長期的な技術開発課題		調査中につき非公表
		森林資源の将来的な構成と求められる施業内容		
		サプライチェーンの川中・川下の将来とそれに応じた作業システムの要件		
	機械開発	【無人化】フォワーダの遠隔操作化・自動化の技術開発課題		
		【無人化】伐採の遠隔作業化・自動化の最新動向		
		【無人化】完全油圧制御と遠隔操作に関する今後の課題		
		【無人化】情報化施工とICT建機の最新動向		
		【無人化】建設機械の水平制御技術の最新動向		
		【無人化】ロボット農機における画像認識技術の最新動向		
		【ゼロエミ化】建機動力の電動化・水素エンジン導入の見通し		
		【装備の高度化】アシストスーツの将来像及び技術開発課題		
		【デジタル化】林業用ドローンの活用範囲、活用拡大に向けた課題		
		【その他】近年の技術開発シーズや安全対策		
	造林	ドローンによる播種技術の動向		
		小型重機による造林の省力化の可能性		
		ICTを活用した獣害等対策の最新動向		
	路網	基幹路網の整備計画や課題		
		作業システム・林業機械の自動化・無人化への対応		
	人材育成	オペレータの育成方針・課題		
自動化機械安全性ガイドライン	災害	林業機械における災害対策の現状		
		林業機械の自動化に対するリスク管理の検討状況		
	自動化の安全対策	農業機械の自動化に対するリスク管理の要諦		
		建機自動化に対するリスク管理の要諦		

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取りまとめ

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な、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	林業における事故分析の結果を掲載 
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	
		「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

機械開発・森林作業システム方針案、自動化機械安全性ガイドラインの成果物作成に向けたヒアリングを実施中

ヒアリング事項

ヒアリング事項	詳細
直近で実装可能な森林作業システム像	直近の目標として考えられる、現状存在する林業機械により実装可能な森林作業システム
将来目指すべき森林作業システム像（遠い将来像）	「2030年まで」のような具体的到達年は設けていないが、日本林業に将来求められる作業システム像
現在の技術開発シーズ課題	特に自動化、無人化（遠隔化）の技術について、技術開発状況や現状課題
山間部における通信確保	機械の自動化・遠隔化等を実現する上で求められる山間部における通信環境
自動化・無人化機械の現場実装上の課題	日本国内における自動化、無人化（遠隔化）の現場実装上の課題
日本の地形・地質による機械導入の制約条件対応	国内の地形・地質（崩れやすい表土、狭小な林道・作業道等）に合ったベースマシン開発は現状で十分か。更なる開発が必要か

成果物イメージ

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な、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	林業における事故分析の結果を掲載 
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	「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
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	

ヒアリングでお伺いした意見を参考にさせていただき、本事業で作業システム方針案、安全性ガイドライン案を作成いたします

【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す

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

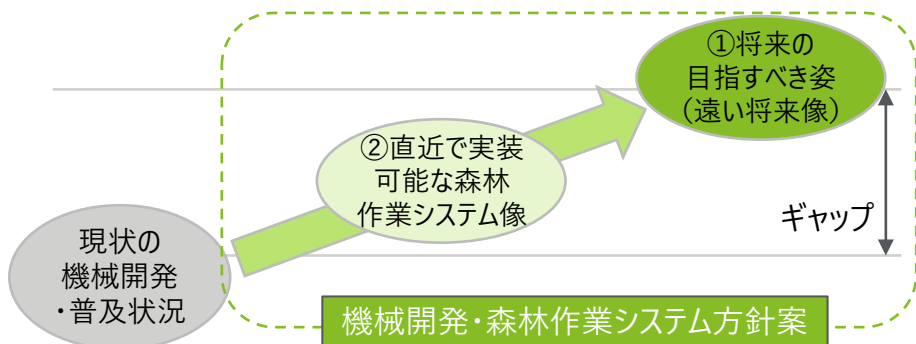
- 現在の技術開発・現場実証動向を調査

■ 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：既に開発・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

第1 新たな森林作業システムの目標

- ー 森林作業システムにおける現状と課題
- ー 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）
- ー 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となる、高性能林業機械の開発及び改良の指針

- ー 1 推進対象となる高性能林業機械及び要素技術
- ー 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）
- ー 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

将来における国内の路網整備水準と対応した作業システム像を描きたいと考えます

地形傾斜・路網整備水準と作業システムの例

地形区分	作業システム	基幹路網			細部路網	路網密度	最大到達距離		作業システム			
		林道	林業専用道	小計	森林作業道		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	15～20	20～30	35～50	65～200	100～250	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	15～20	10～20	25～40	50～160	75～200	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				0～35	25～75		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	15～20	0～5	15～25	45～125	60～150	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				0～25	15～50		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
急傾斜地 (35°～)	架線系	5～15	—	5～15	—	5～15	500～1500	500～1500	チェーンソー	タワーヤーダ集材機	プロセッサ	トラック

35°以上の急傾斜地では、施業しない等の観点も必要

地形区分のみではなく、地質等の考慮も必要となる

15°までは機械が林内に侵入できるので、作業道は不要の観点もある

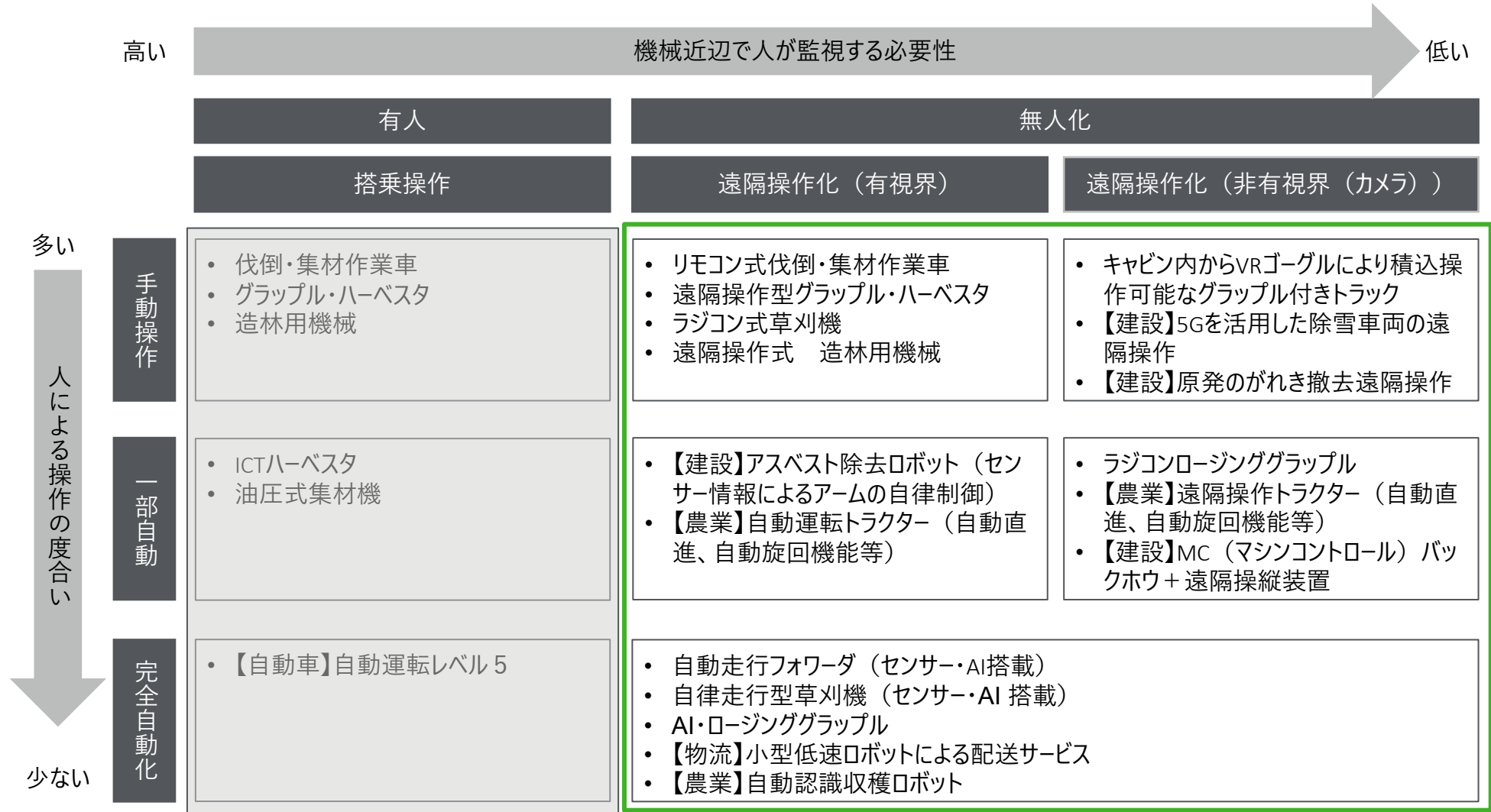
路網密度目標の前段として、先に人工林のゾーニングが必要

ウインチを使うと作業効率が低下する

無人化は遠隔操作の有視界／非有視界で区分、自動化は手動操作／一部自動化／完全自動化に区分してマトリクス状に整理します

有人・搭乗操作は、将来の目指すべき姿を踏まえて優先順位は低くなると想定します

自動化・無人化・遠隔化の概念整理と検討対象範囲



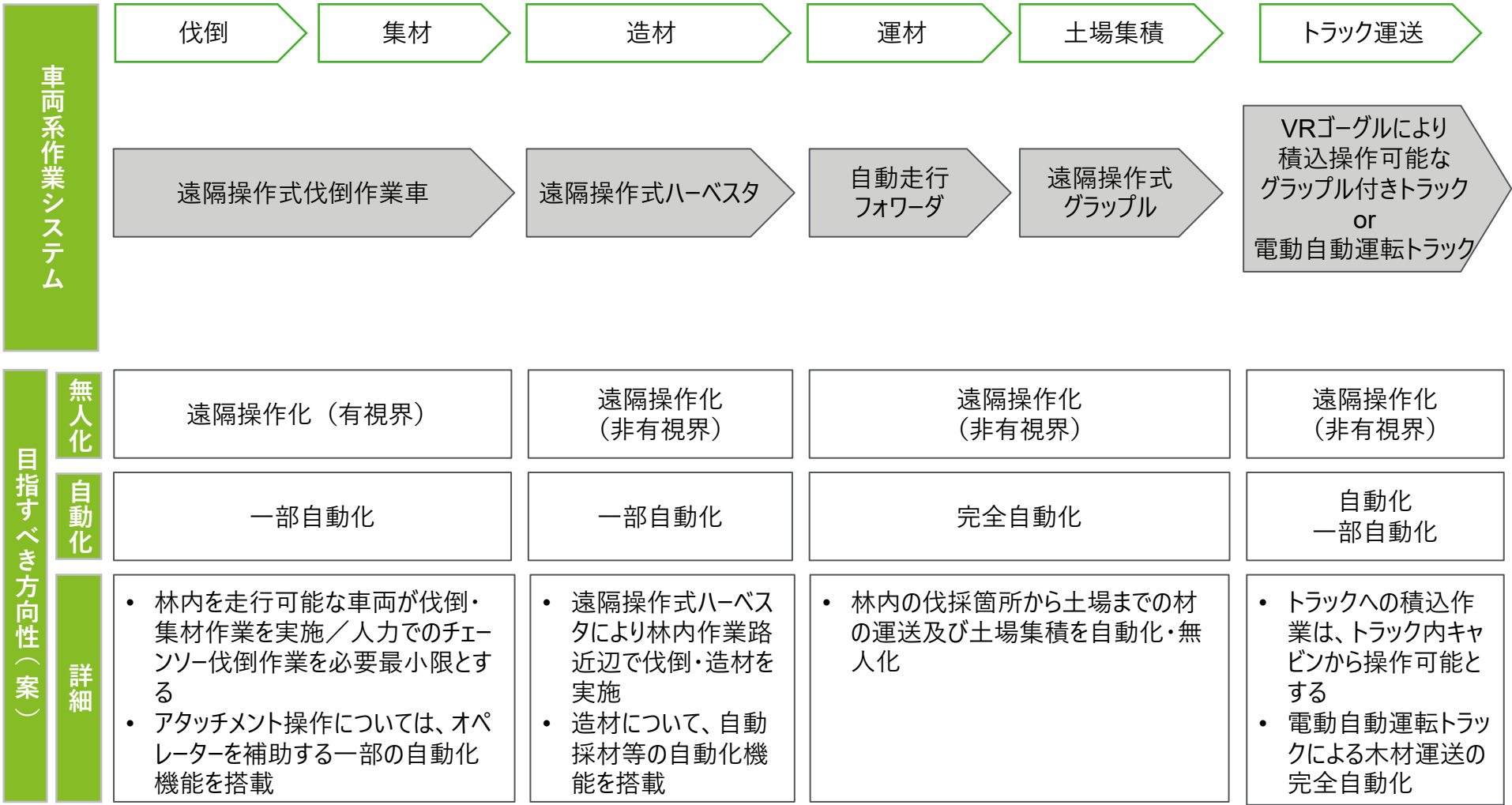
緩・中傾斜地においては林内走行可能な林業機械により一連の作業システムが構成できる想定です

車両系作業システムのイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



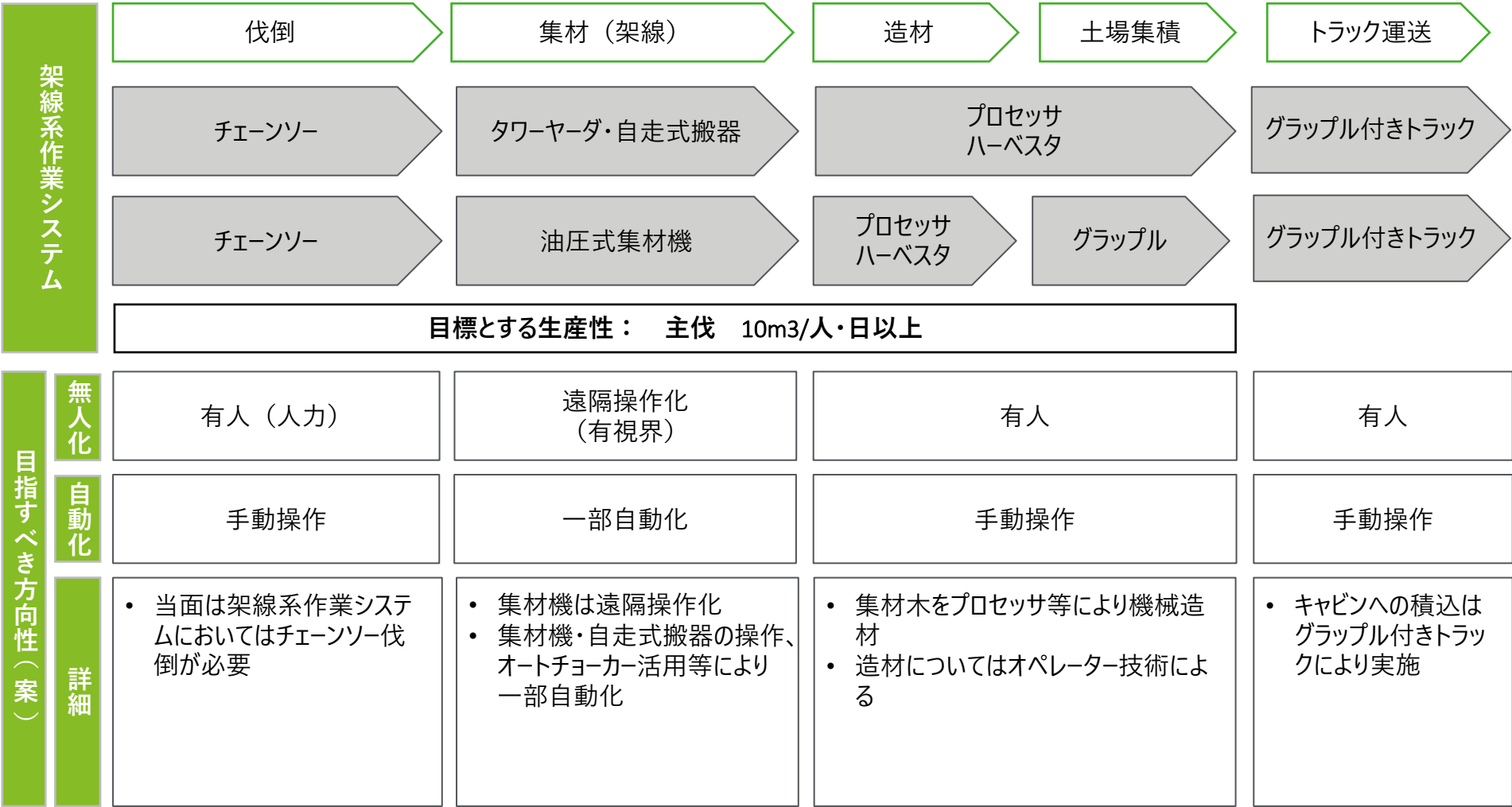
緩・中傾斜地においては、一連の作業システムが遠隔操作可能な林業機械で構成される 将来像を想定します

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

架線系作業システムのイメージ（直近で実装可能な森林作業システム像）



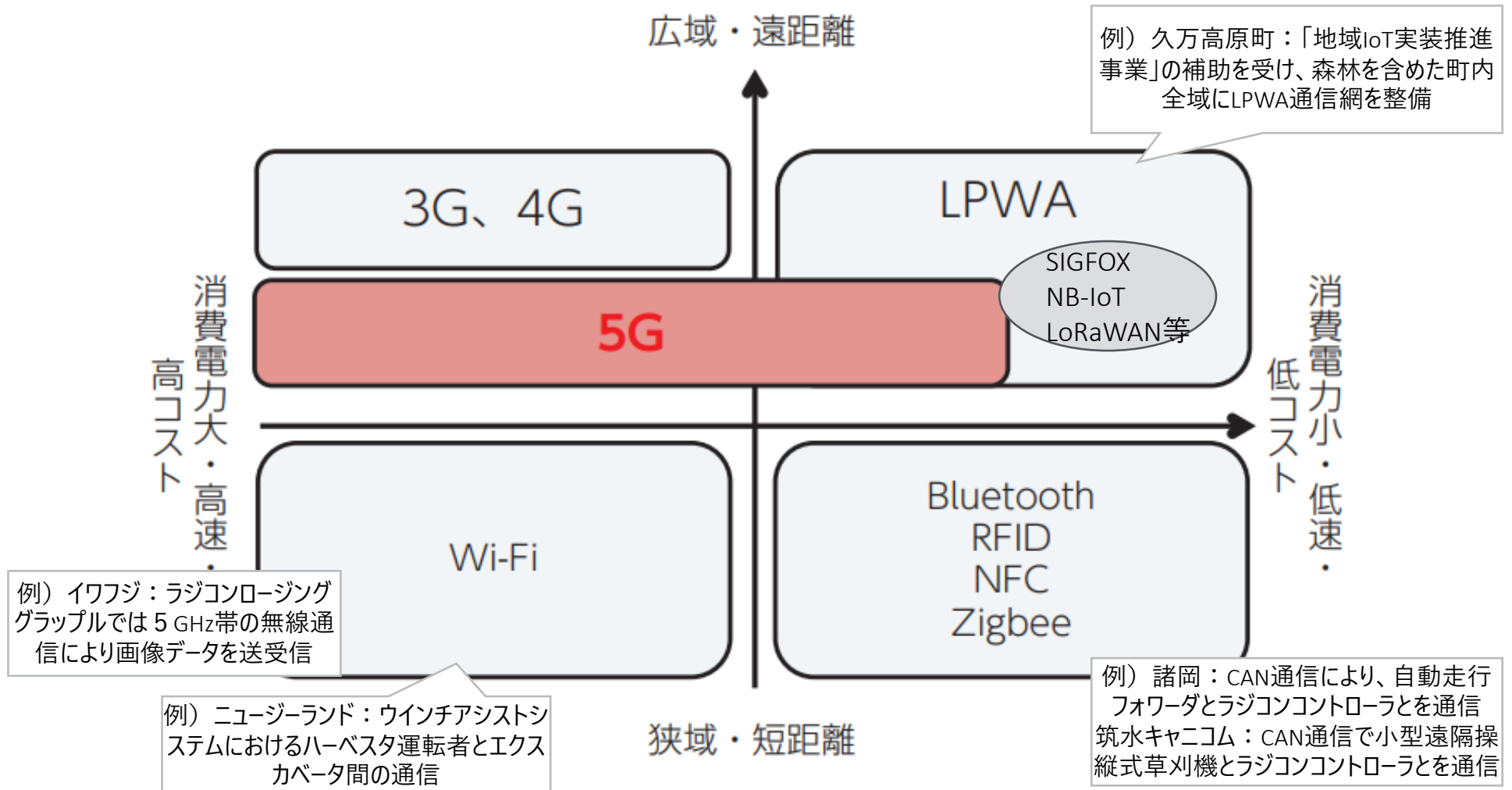
急傾斜地においても、一連の作業システムが遠隔操作可能な林業機械で構成されることを理想としますが、特に自動伐倒機械について技術的な実現難易度が高いと想定します

架線系作業システムの将来像イメージ（遠い将来像の案案）

架線系作業システム		伐倒	集材（架線）	造材	土場集積	トラック運送
目指すべき方向性（案）	無人化	ウインチアシスト付きハーベスタ	タワーヤーダ + AIローピンググラップル	遠隔操作式プロセッサ		VRゴーグルにより積込操作可能なグラップル付きトラック
	自動化	自動伐倒機械	油圧式集材機 + AIローピンググラップル	遠隔操作式プロセッサ	遠隔操作式グラップル	電動自動運転トラック
	詳細	伐倒のチェーンソーはなくならないのではないかと				
		遠隔操作化（非有視界）	遠隔操作化（非有視界）	遠隔操作化（非有視界）	遠隔操作化（非有視界）	
		完全自動化	一部自動化	一部自動化		自動化一部自動化
		- 急傾斜地において、立木間を移動しながら伐倒作業を行える自動化機械にて作業を実施 - 人力でのチェーンソー伐倒作業を必要最小限とする	架線集材において、集材木つかみ（荷掛け）、巻き上げて搬送、土場で荷下ろし、荷掛け場へ移動の一連の工程を、遠隔操作あるいは自動化	- 遠隔操作式ハーベスタ・プロセッサにより架線から集材した材の造材・仕分・土場集積を実施 - 造材について、自動採材等の自動化機能を搭載		- 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

林業機械の自動化・遠隔化のみならず、山間部における林業に適した通信環境の構築について検討できればと考えます

無線通信技術の通信速度と到達距離



出所：「令和2年度版 情報通信白書（総務省）」（一部加工）

ヒアリングで出た観点についての事務局案の方向性について討議したい考えです

ヒアリングでの指摘まとめ（１／２）

		主たる指摘・委員会討議の観点	事務局初案
機械開発	直近で実装可能な森林作業システム像	【車両系機械の林地走行における林内土壌攪乱】 ・ウインチアシストシステム等の導入においても、林内土壌の攪乱には配慮する必要がある	【機械方針の目的の明確化】 ・生産性・安全性を向上させるとともに、環境配慮型の作業システムの構築を目指す
	将来目指すべき森林作業システム像（遠い将来像）	【架線集材の位置づけ】 ・1,000mの架線集材については、生産性向上に限界があると考えられる。遠い将来像を描くか否か	【架線集材の機械開発は発展しないと想定】 ・「直近で実装可能な作業システム」には加えるものの、現状の機械開発水準を維持すると想定
	現在の技術開発シーズ課題	【GNSSによる位置情報精度】 ・現状の技術では、森林内において車体位置をGNSSにより精確に把握することは困難	【位置情報精度向上の課題を記載】 ・機械開発上、位置情報精度の向上について技術的課題として記載
	山間部における通信確保	【LPWAでは遠隔化・自動化に寄与しない】 ・カメラ映像の共有による遠隔化を実現するには、より大きな通信容量が求められる	【圏外域での通信技術を容量別に区別】 ・LPWA等の低容量通信と、ローカル5G・WiFi等の大容量通信とに区分。
	自動化・無人化機械の現場実装上の課題	【大径材化への対応】 ・世界的にも70cmを越える大径材に対応できる林業機械はなく、ある程度以上はあきらめることも一考	【対象とする伐採木の直径を想定】 ・機械開発の前提として、一定の直径までの伐採を想定し、方針として示す
	日本の地形・地質による機械導入の制約条件対応	【山間部の人口減による将来的な林道整備の不足】 【無人化し安全装置等の搭載が不要な機械の開発】 【尾根林道によりタワー・ヤードを活用した欧州型林業を導入可能】	【林業用索道の自動運送化の可能性に言及】 【ベースマシン開発についての方針を記載】 ・ホイール型の林業用ベースマシンが求められる 【林道・作業道開設の方針と対応づける】

ヒアリングで出た観点についての事務局案の方向性について討議したい考えです

ヒアリングでの指摘まとめ（２／２）

		主たる指摘・委員会討議の観点	事務局初案
機械開発	自動化機械の運転席	自動化したとしても、降雨で土砂崩れが生じたなど想定外の操作やAIに動作を学習させるために運転席は残存させるべき	【無人化機械においても、運転席が求められるケースを整理】
	自動化機械の稼働割合	林業機械を全て自動化する必要はなく、一部自動化の観点を検討すべき。走行は自動化、荷降ろしは遠隔化等	【工程ごとに一部自動化が求められる機能を整理】
	伐倒機械の自動化	立木には重心があり、現状は人間がチェーンソーで伐倒方向を微修正できるが、その技術を自動伐倒機械に導入できるかが課題	【伐倒機械の自動化の留意点を整理】
	造林用機械の自動化	伐倒機械の自動化よりも、人手の掛かる造林機械の自動化を優先すべき	【造林機械の開発方針も作成】
	トラック積載時の丸太荷締め作業自動化	現状製品化されているVRグラップル付きトラックは、荷締め作業等も遠隔化できないか？	【トラックの機械開発方針として記載】

自動化機械安全性ガイドライン

【自動化機械安全性ガイドライン案】

文献調査から目次案を検討、本編・別添の資料構成とします

調査方針

既存文献調査／目次案の作成

■ 文献調査

- 現在の自動化・無人化・遠隔化技術の開発・現場実証動向を調査
- 「農林水産業・食品産業の現場の新たな作業安全対策」における作業事故実態の分析結果から、林業における作業安全対策、事故類型などの情報を引用・整理

■ 目次案の作成

- デスクトップ調査及び貴庁との議論を踏まえ、新ガイドラインの素案を作成

第1章：林業における作業安全対策の現状

第2章：林業における事故の類型

第3章：林業における遠隔操作化・自動化の進展

第4章：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

自動化機械安全性ガイドライン の資料構成検討

成果物

記載内容

自動化機械
安全性ガイドライン案

本編

本編では、林業における作業安全対策の現状、事故の類型、自動化等技術の進展といった**総論**についてをとりまとめ

自動化機械
安全性ガイドライン案

別添

別添では、「林業用苗木運搬ドローン」「無人運転ドローン」など、**開発された製品群ごとに詳細なガイドライン**としてとりまとめ

【自動化機械安全性ガイドライン案 構成イメージ】

前半は安全管理の基本に重点を置き、後半は自動化によるリスクや対策を掲載します

自動化機械安全性ガイドライン案 構成イメージ

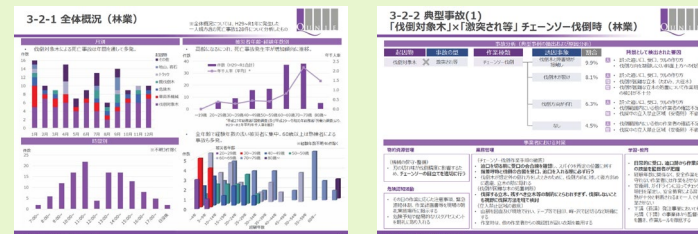
計30頁程度を想定（本体10頁、付属資料20頁）

ガイドラインの項目（案）

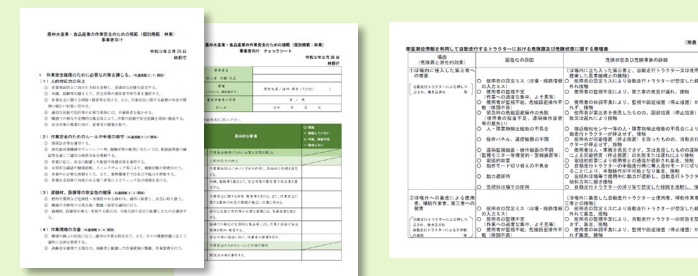
1. 林業における作業安全対策の現状
2. 林業における事故の類型
 - (1) 代表的な事故・要因
 - (2) 事故の類型化
3. 林業における遠隔操作化・自動化の進展
 - (1) 自動化・無人化・遠隔化技術の現状
 - (2) 今後の技術開発動向、作業時におけるリスク
4. 林業の遠隔操作化・自動化における安全確保のための指針
 - (1) 林業用苗木運搬ドローン
 - (2) 自走式搬器
 - (3) 無人運転フォワーダ
 - (4) 自動伐倒作業車

...

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（下記）を活用し、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）」や「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」を参照し、平仄をあわせる



ヒアリングで出た観点についての事務局案の方向性について討議したい考えです

ヒアリングでの指摘まとめ（１／２）

		主たる指摘・委員会討議の観点	事務局初案
自動化機械安全性ガイドライン	シーズ課題 自然環境下での センシング精度の課題	【センシングによる警報・アラート機能は、自然環境下ではエラーが多い】	【複数の安全管理機構の搭載】
	ウインチアシストシステムは 安全性配慮観点が多い	【アンカー強度等、複数の安全配慮事項が存在】	【ウインチアシストシステムは１製品群として記載】
	林業機械の 複数同時制御	小型の林業機械を複数同時制御して、丸太を取扱う提案もある	【留意点：複数台以上の林業機械を稼働させる場合、を記載】
	追従型林業機械	近い将来像としては、自動化より追従型の機械導入を先行すべき	【追従型林業機械を１製品群として記載】
	自動走行の実証フィールド	トラックメーカーが主体となって、林業専用道で10tトラックの自動走行を検証して頂きたい	【留意点：林業専用道の自動走行の場合、を記載】 ➤ 実証フィールドの設置を推奨
	遠隔操作の操作地点	遠隔操作の地点は事務所と現場の２箇所が想定されるが、林業機械のメンテナンスやトラブル対応のため、現場近辺での操作が現実的	【留意点：遠隔操作のトラブル時対策の必要性】

ヒアリングで出た観点についての事務局案の方向性について討議したい考えです

ヒアリングでの指摘まとめ（２／２）

		主たる指摘・委員会討議の観点	事務局初案
自動化機械安全性ガイドライン	自動化機械の運転席	自動化したとしても、降雨で土砂崩れが生じたなど想定外の操作やAIに動作を学習させるために運転席は残存させるべき	【緊急動作時の操作可能性をもたせることを記載】
	伐倒機械の自動化	立木には重心があり、現状は人間がチェーンソーで伐倒方向を微修正できるが、その技術を自動伐倒機械に導入できるかが課題	【機械伐倒時の安全面での考慮事項について記載】
	山間部における通信確保	【LPWAは1人作業における労働安全確保に貢献】	【安全性確保の観点から通信環境確保を推奨することを記載】

第2回以降、追加調査を実施しつつ、事務局素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）

