

林野庁委託事業

令和4年度
林業イノベーションハブ構築事業

報告書

令和5年3月
林野庁

目次

1. 本事業の目的及び実施事項	4
(1) 目的	4
(2) 実施事項	5
2. 専門委員会における検討	8
(1) 専門委員会の構成	8
(2) 専門委員会開催結果	8
3. 分科会における検討	21
(1) 分科会(機械開発)の構成	21
(2) 分科会(機械開発)開催結果	21
4. 結び	39

【添付資料一覧】

- 別紙 1-1 報告書概要版_(テーマ1)新技術/総合戦略
- 別紙 1-2 報告書概要版_(テーマ2)機械開発
- 別紙 1-3 報告書概要版_(テーマ3)イノベーションエコシステム形成
- 別紙 2-1 (テーマ1)新技術/総合戦略_報告書
- 別紙 2-2 (テーマ1)技術リスト(令和5年3月15日時点)
- 別紙 2-3 (テーマ1)技術リストバックデータ(令和5年3月15日時点)
- 別紙 3-1 (テーマ2)機械開発_報告書
- 別紙 3-2 (テーマ2)林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(令和5年3月15日時点)
- 別紙 3-3 (テーマ2)「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(令和5年3月15日時点)」出所資料一覧
- 別紙 4 (テーマ3)イノベーションエコシステム形成_報告書 P40~97 は非公開資料
- 別紙 5 宮崎県視察報告
- 別紙 6 林業イノベーション推進シンポジウム実施報告 P10~12 は非公開資料
- 別紙 7 林業イノベーションハブセンター(森ハブ)令和4年度取組概要(林業イノベーション推進シンポジウム発表資料)
- 別紙 8 森ハブパンフレット_令和3年度成果・令和4年度実施内容

個別企業の販売戦略等、関係先の利害に係る内容や公開に問題があると判断される内容を含むページについては、非公開としています。

1. 本事業の目的及び実施事項

(1) 目的

林野庁では、令和元年 12 月に、林業現場への新技術の導入を加速化するため、イノベーションによる林業の将来像と技術開発の現状、普及に向けた課題等を整理した「林業イノベーション現場実装推進プログラム」を策定・公表した。

そして、プログラムに掲げる 2025 年を目途とした技術開発、基盤データの環境整備、普及等を着実に進めるため、林野庁は、令和 3 年度に「林業イノベーションハブセンター（通称：Mori-Hub（森ハブ）」を設置した。

森ハブは、先進技術の導入促進のための理学・工学等の異分野の技術探索を行うとともに、産学官の様々な知見者によるアドバイザリーコミティにおいて、林業の戦略的技術開発・実装等に向けた意見・提案を聴取した上で、その成果を国による開発方針の策定や事業化支援等の方策に活用することとしている。また、森ハブは、将来的に、イノベーション推進に向けた支援機能により技術の現場実装を実現し、林業の課題解決を促進するプラットフォームになることを目指している。

林野庁は、令和 4 年 7 月に、これまでの取組成果や森ハブでの検討、デジタル田園都市国家構想基本方針（令和 4 年 6 月 7 日閣議決定）等も踏まえ、「林業イノベーション現場実装推進プログラム」のアップデート版を公表した。アップデート版では、改めて、プログラムに掲げた技術の開発や普及を着実に進めるためのプラットフォームとして森ハブを位置づけ、新技術の開発から普及に至る各種取組を森ハブが支援することにより、林業現場への技術導入を促進することとしている。

令和 3 年度は、「テーマ 1：新技術 / 総合戦略」「テーマ 2：機械開発」「テーマ 3：地域林業政策」「テーマ 4：イノベーションエコシステム」「テーマ 5：知的財産」の 5 つのテーマを設定して検討を行った。また、森ハブのあり方、機能、将来像についても議論しながら、林業イノベーションを推進する仕組み構築も検討した。令和 3 年度の検討より、森ハブに必要な機能としては、エコシステム形成の 3 つのフェーズを補完する事業推進支援として、「場の形成（プラットフォーム）」、「実証プロジェクトの展開」及び「事業化支援の展開」機能と、各ステップの取組を加速させる「情報発信」機能が想定される。森ハブは、これらの機能により、普及に至る技術開発プロジェクト数を増やしていくことと、参画プレイヤー数を増やしていきながら、林業のイノベーションエコシステム形成に向けて支援を行っていくことが想定され、本事業は、具体的な支援体制やプラットフォーム構築も検討する。

実施事項

本事業では、主に下記の事項を実施した。

- 先進技術の導入促進のための理学・工学等の異分野の技術探索・分析
- 専門委員会および分科会の開催
- 現地視察
- シンポジウムの開催
- 他事業との情報交換や連携
- 成果の発信

先進技術の導入促進のための理学・工学等の異分野の技術探索・分析

先進技術の林業への導入やイノベーション促進のため、以下の3テーマに沿って、調査・分析を行った。3つのテーマの概要及び検討成果は下表のとおりである。

テーマ名	概要
テーマ1:新技術 / 総合戦略	【技術リストの更新】 テーマ2分科会等でのフィードバックやデスクトップ調査を基に、令和3年度作成した技術リスト(令和4年3月31日時点版)の拡充・更新を行った。【アウトカム指標の検討】 他省庁や異分野、海外の事例等を調査し、林業イノベーションの推進に必要なアウトカム指標を検討。また、テーマ3と連動してエコシステムの進展の測り方を検討。
テーマ2:機械開発	分科会を設置し、林業機械の自動化・遠隔操作化を実現する諸技術、必要な条件整備について議論。機械メーカー等へのヒアリングも実施。令和3年度の検討をふまえ、林業機械の自動化・遠隔操作化の現状や課題、必要な要素技術等を整理し、メーカー等が技術開発の際に参考にできる手引きとして「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて」をとりまとめた
テーマ3:イノベーションエコシステム形成	林業のイノベーションエコシステム形成に向けて、必要となる調査・分析を実施。令和3年度から検討してきた林業におけるエコシステムの形成に向け、森ハブの支援体制の構築と先進事例の創出を目指した検討を実施。

各テーマの検討内容については、別紙のテーマ別報告書に詳述した。

また、下記のテーマについては、調査及び専門委員会を通じた検討の成果として、報告書とは別に成果物を作成した。

テーマ名	報告書以外の成果物
テーマ 1: 新技術 / 総合戦略	<ul style="list-style-type: none">■ 技術リスト(令和 5 年 3 月 15 日時点)■ 技術リストバックデータ(令和 5 年 3 月 15 日時点)
テーマ 2: 機械開発	<ul style="list-style-type: none">■ 林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(令和 5 年 3 月 15 日時点)■ 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(令和 5 年 3 月 15 日時点)」出所資料一覧

専門委員会および分科会の開催

イノベーション推進のための先進技術方策等の検討に関して、専門的・分野横断的・俯瞰的知見を得るため、アドバイザリーコミッティとして、先進技術に係る企業・大学・研究機関・団体、先進的取組を行う林業経営者等の有識者及び行政機関(都道府県、市町村等)が参画する専門委員会を設置し、計 4 回の会合を開催して議論を行った。

専門委員会のメンバー及び開催概要については、「2.専門委員会における検討」にて記載した。

また、「機械開発」において、林業機械の自動化・遠隔操作化をテーマとした分科会を設置し、計 3 回の会合を開催して議論を行った。

分科会のメンバー及び開催概要については、「3.分科会における検討」にて記載した。

現地視察

専門委員会の活動の一環として、林業イノベーションに取り組んでいる先進的な林業地の取組を把握し、専門委員会の議論に活用するため、宮崎県への現地視察を行った。視察先概要及び視察結果については、別紙に詳細を記載した。

シンポジウムの開催

林業イノベーション推進に向けて、先進的な林業機械等の現場実証の取組や林業イノベーションハブセンター(森ハブ)の取組等を紹介しながら、プラットフォーム構築に必要なネットワークや意識醸成、将来的に異分野を含むプレイヤーの巻き込みにもつなげていけるような場の形成の創出を目的として、令和 5 年 2 月 8 日にシンポジウムを開催した(先進的林業機械緊急実証・普及事業の事業実施主体である一般社団法人林業機械化協会と共同開催)。

シンポジウムの実施内容については、別紙に詳細を記載した。またシンポジウムでの

林業イノベーションハブセンター(森ハブ)の発表資料も別紙として添付した。

他事業との情報交換や連携

関連する他事業の受託事業者と連携し、情報交換等を実施した。連携した事業者と連携内容は下記の通り。

事業名	事業実施者	連携内容	
令和3年度補正予算木材産業国際競争力・製品供給力強化緊急対策のうち林業分野における新技術推進対策	先進的林業機械緊急実証・普及事業	一般社団法人 林業機械化協会	イベントでの連携(シンポジウム共同開催)
	林業分野への新技術導入・実証事業(異分野技術・導入実証)	一般社団法人 社会実装推進センター	情報交換
令和4年度当初予算林業イノベーション推進総合対策	林業への異分野の技術等の導入促進事業	株式会社 Spero	情報交換
	スマート林業構築普及展開事業	一般社団法人 日本森林技術協会・ 住友林業株式会社	情報交換

成果の発信

➤ 森ハブのロゴマーク作成およびパンフレット作成

森ハブの成果や取組の発信を行うため、イベント等の配布資料や森ハブのホームページに掲載できるように、森ハブのロゴマーク作成と、令和3年度に作成した森ハブパンフレットに挟んで配布できるように、令和3年度の森ハブの成果や令和4年度実施内容を示した概要資料を作成した。

作成したパンフレットは、別紙として添付した。

➤ FORESTRISE 2022(第3回次世代森林産業展)への出展

令和4年9月14日(水)~9月16日(金)に開催された FORESTRISE 2022で森ハブのパネル展示やパンフレット配布を行い、来場者に森ハブの取組の紹介や情報提供を行った。

2. 専門委員会における検討

(1) 専門委員会の構成

本事業における検討では、林業はもちろんのこと、異分野技術の導入によりイノベーションを促進する観点から議論することが重要であることから、アドバイザーコミティとなる専門委員会のメンバーは、林業に関する知見を持つ有識者や、技術革新・イノベーション創出に関する知見を持つ有識者を招聘することとし、産・学・官の観点も踏まえて、下記 6名の有識者を招聘し、専門委員会を組織した。

専門委員会 委員一覧

分類	所属	役職	氏名（敬称略）
学（林業） 座長	筑波大学 生命環境系	准教授	立花 敏
官（林業）	元 和歌山県農林水産部森林・林業局	局長	泉 清久
学（異分野）	神戸大学 バリュースクール	教授	坂井 貴行
産（林業）	株式会社柴田産業	代表取締役	柴田 君也
学（異分野）	専修大学 経営学部	特任教授	見山 謙一郎
産（異分野）	株式会社バルステクノロジー	代表取締役社長	宮本 義昭

(2) 専門委員会開催結果

専門委員会は、令和4年7月から令和5年1月にかけて計4回行った。各回において、各テーマに関する事務局による調査・検討成果を報告し、専門的・分野横断的な観点から、有識者の意見・提案を聴取した。

なお、各回ともに委員は全員出席した（一部リモート参加あり）。

第1回

第1回専門委員会では、今年度の目的について認識を共有し、各テーマについての調査・検討方針について事務局から説明した上で、事業を進めるにあたっての課題認識・論点について議論を行った。

1) 開催概要

日時	2022年7月12日 13:30～16:00
場所	日比谷国際ビル コンファレンス スクエア 所在地:東京都千代田区内幸町2丁目2-3 日比谷国際ビル8階

議題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 今年度の林業イノベーションハブ構築事業について ➤ テーマ別の実施方針について <ul style="list-style-type: none"> (1)新技術 / 総合戦略 (2)機械開発 (3)イノベーションエコシステム形成
資料	資料1 - 1 林業イノベーション現場実装推進プログラム(令和4年7月アップデート版)(案) 資料1 - 2 (参考)各種政府戦略の位置づけ 資料1 - 3 令和4年度の事業概要 資料2 - 1 テーマ1 新技術 / 総合戦略 資料2 - 2 テーマ2 機械開発 資料2 - 3 テーマ3 イノベーションエコシステム形成 資料3 今後のスケジュール

2) テーマ別の調査に対する委員からの主な意見

(1) 新技術 / 総合戦略

- 新技術 / 総合戦略と記載があるが、林業課題の「課題」を認識する上で、総合戦略を位置づけしないと、課題が出てこないのではないかと。また、テーマも新技術 / 総合戦略とならないのではないかと。
- 技術リストの項目について、技術の特許の状況を明記しておくこと、コーディネーターにとってより分かりやすい資料になるのではないかと。
- 林業のデジタル化を実現するには、マスタデータの整備が重要になる。マスタデータは国が管理すべきであると考えます。
- 林業イノベーションの推進に向けては、デジタルを理解できる人材を林野庁に配置することも重要である。
- 環境省においては、2030年までは実装フェーズの技術をターゲットにし、2050年までは研究・開発フェーズの技術をターゲットに支援を行っている。森ハブにおいても同様の考えが必要ではないかと。
- アウトカム指標の検討にあたっては、アウトカム指標の洗出しで完了するのではなく、アウトカム指標から更なる新しいアウトカム指標が作られることを念頭に、検討を進めていただきたい。また、課題とアウトカムは表裏一体(インタラクティブな関係)である点にも留意いただきたい。
- 海外におけるアウトカム指標の調査にあたっては、AUTM(大学技術マネージャ協会)の取り組みがあり、それを参考にするのがよい。

(2) 機械開発

- ヒアリング候補先について、電動化や無人化に向けて開発を行っている国内外のメーカーも候補としていかがかと。

- 従来のハーベスタのメーカー企業について、伐採の自動化を見据えた形で選定して欲しい。再造林分野での機械化も将来的に視野に入れていただきたい。
- 架線系の事業体もヒアリング候補先を含めるのはいかがか。
- ヒアリング先は、本日の意見を踏まえ、事務局で検討していただきたい。

(3) イノベーションエコシステム形成

- 今年度は、まずは実績を作りたいということで、地域選定を決め打ちでできると思うが、1つの事例が出来たとしても、来年度以降に継続していく際に公募等の方法をとるのであれば、森ハブ事務局の支援体制が異なると思う。また、大方事務局だけで森ハブの支援体制を構築していくということだが、異なる方法となるとハードルが高くなることもあると思われるため、別途対策を立てる必要が生じる可能性がある。
- 「山林域での通信環境構築」に関して、様々な通信方式を対象にするのが良いと考える。
- リスト候補地域は人工林地域が多い印象がある。もう少し多様性があると事業として面白い。
- 地域のリストアップの選定基準について、手段と目的をもっとはっきりするべきではないか。「林業イノベーションハブの構築」という手段ではなく、「林業により地域活性化を推進する」という目的をしっかりと共有できる地域を選定した方が良い。コーディネーターについては、地域の中において、かつ中の人と付き合える人を選ぶことが大事である。
- まずコーディネーターを選んだうえで彼らが得意な地域を攻めていくという方法と、まず地域から選んでいくという方法の2つのアプローチ方法がある。双方からの検討が必要である。
- コーディネーターのヒアリングの際に、「あなたが思う一番のコーディネーターは誰か」と聞くのが有効な手段である。
- 林業分野は外から閉じている印象があるが、実際もっと開けるはずである。林業で発展した技術を他に応用する、他分野の技術を林業に取り入れる等、視野を広げることが重要である。
- 全体として、イノベーションという高い目標を掲げたうえで、どのように実現するか、バックキャストで検討していくことが必要だと感じた。

第2回

第2回専門委員会では、各テーマの調査・検討の進捗状況を報告し、今後、深掘りすべき論点や更なる調査を行う領域等について議論を行った。

1) 開催概要

日時	2022年9月12日 13:30～16:00
場所	丸の内二重橋ビルディング トーマツ会議室 所在地:東京都千代田区丸の内 323
議題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ テーマ別の進捗報告 (1)新技術 / 総合戦略 (2)機械開発 (3)イノベーションエコシステム形成
資料	資料1-1 森林・林業基本計画の概要等 資料1-2 林業労働力の確保の促進に関する基本方針の変更概要 資料1-3 令和5年度予算概算要求の概要等 資料2-1 テーマ1 新技術 / 総合戦略 資料2-2 テーマ2 機械開発 資料2-3 テーマ3 イノベーションエコシステム形成 資料3 今後のスケジュール

2) テーマ別の調査に対する委員からの主な意見

(1) 新技術 / 総合戦略

技術リスト更新

- 電動化に関連する技術で、強力なハイパワーの蓄電池で、3.6秒で充電・放電ができる世界的にも新しい技術が開発されている。そのハイパワーの蓄電池をドローンでの原木集材に活用できないかと議論を進めている。海外事例だけでなく、国内でも電動化に向けた検討は行われているため、引き続き調査を進めて欲しい。
- 総合戦略の位置づけについて、林業の業務自体の見直し(BPR)、法制度の見直しも併せて行わないとイノベーションにならないのではないかと第1回専門委員会で指摘させていただいたが、業務自体の見直しは、非常に重要だと思う。特に、若手人材にとって働きやすい環境に変えていくべきではないかと思料する。

アウトカム指標

【国内外・異分野イノベーション事業について】

- アンケート調査とヒアリング調査について整理されているが、調査対象とサンプリング数はどの程度か。信頼性を担保する上で、そうしたデータも必要になっているのではないか。
- 別の観点として、個別で技術開発がされているが、それらからデータを取得し、クラウドデータに集約化することで、客観的にデータを取得することが今後必要になると考えている。全体設計を検討せずに進めた場合に、個別技術やシステム間での互換性がなく、最終的に製品間連携できないことを懸念している。フォワーダ、プロセッサ、ハーベスタ等からの情報が連携でき、木材のデータが川上から川下まで共

通のフォーマットで共有できる必要性があるのではないか。

【海外・林業イノベーション事業】

- AUTM は、各事業の成果の指標として、企業数・雇用数増加に関する情報があつたと記憶しているが、それらも記載をしてはどうか。

(2) 機械開発

- 林業分野だけであるとマーケットが小さいため、機械開発が進まないのではないか。林業分野に閉じるのではなく、林業の技術は別分野で応用できることを示していく必要がある。また、必要な技術要件を明確に示して情報発信する必要があり、その役割を森ハブで担うことが大事なのではないか。
- 林業機械の開発は、どのような山の地形を想定するかによって変わってくるのではないか。初めから難易度の高い急傾斜地を対象とした開発ではなく、比較的傾斜の少ない林業適地を対象とした機械開発を議論するのはどうか。
- 森林・林業基本計画では、林業適地を主な対象として林業を進めていく方針を示している。急斜面地は、機械ではなく架線集材の方法もあり、どのような地域の地形を目標にするかによって、開発する機械の仕様が異なってくるのではないか。
- 機械化といっても、全てを機械化するというわけではなく、ドローンによるレーザーで森林情報を取得した上で、機械化するもの、人手で対応するものに区分して必要な機械を導入していく必要がある。
- 地形などの地域性に応じた機械開発の視点の例として、急傾斜地が多い和歌山は、路網整備を進めることが難しく、架線集材の技術が必要であり、ロージングラップルに力を入れている。また、ドローンでの対応を進められないかと検討している。
- 機械開発は、ハーベスタ等の重機の開発と、ドローン等の新しい軽量機器の開発を並行して進めていく必要性があるのではないか。
- 前述の御意見の逆の視点もあり、異分野技術を林業分野に活かすことも重要である。例えば、建設重機メーカーの自動化の技術を林業に導入できないかという視点も非常に大事だと考える。
- 国内には、世界の林業分野にも参入しているメーカーもある。グローバルかつ異分野でも展開しているメーカーに分科会に加わっていただいてはどうか。

(3) イノベーションエコシステム形成

- ヒアリング対象者の選任に関して相対的に公務員が多いようだが、人選に偏りはないか。林業事業体、流通や製材等の事業体等、各々の過程にキープレイヤーがいるのではないか。
- 一般的にイノベーションエコシステムでは、大学・研究機関等の知識がスピルオーバーしたものが用いられるケースが多いため、公務員のみならず、大学・研究機関

等もより積極的に候補に含めていただきたい。コーディネーターのようなヒト、パテントや開発技術といったモノ、GAP ファンド等のカネの各要素について検討することが重要である。ヒトの面では地域で跡継ぎを育成しなければ、イノベーションの結果が中長期的に継続しないのではないか。そのためには、大学と連携したアントレプレナーシップ教育等も有用だと考えられる。アントレプレナーシップは遺伝的には芽生えないので、経験が重要である。

- エコシステムの形成には「場づくり」、「ヒトづくり」、「コトづくり(ものづくり含む)」の3つの視点が重要であると考え。中でも林業現場で注力すべきは「ヒトづくり」であり、現場的林業従事者は自身の後継人に関する不安を抱く傾向が高い。従って、情報発信等を通じ、「ヒトづくり」を重視したエコシステムの形成を推進していくべきであると考え。
- 省庁間の事業の枠を超えた連携も重要である。環境省においては、「脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業」でプラットフォームを構築しているが、集客が進んでいない、という課題がある。解決に向けた方向性として、プラットフォーム同士の連携が重要であると考えており、例えば、環境省事業では観光地域づくり法人(DMO)と連携している事例がある。プラットフォームが混ざっていくことで価値が高まっていくため、積極的に進めていただきたい。
- 山間地域等の地方においては、役場職員がコーディネーターとして重要な役割を担っているケースが多い。また、個人の持つ役割も林業に閉じたものではなく観光や農業等、他分野・業種との連携が求められる。核となる人材が現れれば良いが、地方は役場の人材が担っているのが実態であり、その結果、持続性の課題等が生まれている。森林、観光、農業が連携し、人材もシェアしていかなければ成立しない。
 - エコシステム形成には、地域(エリア)や流域に関する考慮(例:市町村単位)も必要であるため、地域的な広がりを見たうえで整理していくのが良いのではないか。
- エコシステムの形成において、地域の方向性検討や意志の統一等、「場」の構築における課題について言及されていること、そもそもコアプレーヤーがいる場合といない場合に分けられる、という整理は良かった。次回のヒアリングでは、可能であれば、民間事業者がコアプレーヤーになっている場合、なぜその方がコアプレーヤーになったか経緯について分かるのであれば、教えていただきたい。

第3回

第3回専門委員会では、第2回での委員からの意見・提案を受けた調査・検討の進展状況を報告し、とりまとめに向けた方向性について議論を行った。

特に今年度の成果とりまとめに向けて、イノベーションエコシステムの形成に関する議論を中心に行うため、テーマ3から報告し、その後、テーマ1、2の順番で報告したため、

下記の意見概要も同じ順番で記載する。

1) 開催概要

日時	2022年10月31日 13:30～16:00
場所	丸の内二重橋ビルディング トーマツ会議室 所在地:東京都千代田区丸の内 323
議題	<p>➤ テーマ別の進捗報告</p> <p>(1) イノベーションエコシステム形成</p> <p>(2) 新技術/総合戦略</p> <p>(3) 機械開発</p>
資料	<p>資料1-1 テーマ3 イノベーションエコシステム形成</p> <p>資料1-2 テーマ1 新技術/総合戦略</p> <p>資料1-3 テーマ2 機械開発</p> <p>資料1-4(参考資料)第2回分科会資料:林業の各工程における自動化・遠隔操作化の課題</p> <p>資料2 今後のスケジュール</p>

2) テーマ別の調査に対する委員からの主な意見

(1) イノベーションエコシステム形成

地域等が特定できる表現は英数字に置き換えて表示

- A地域のレポートに補足する。A地域では、市として広葉樹のまちづくりを実施しており、市民全体でまちづくりを行っていくとする雰囲気醸成されている。広葉樹を専門に取り扱う製材会社や建築会社、木工雑貨などサプライチェーンが既に構築されているところに、市として方針が打ち出された。その中でも課題とされることは、A材が3%のみであり、市内の製材会社や木工建築で活用しているが、その他97%は市内の製紙会社に安価で売られている点である。今後は、C材や破材にどのように付加価値をつけるかという技術開発が必要だと考えている。
- 加えて、A地域は県内の製紙工場まで130kmととても遠く、最大のネックになっていると認識している。運送会社では、1日6万円稼がなければならないが、1往復しかできず6千円と薄利なため、稼働率や利益率の高い製紙工場を誘致するといったことも必要ではないかと思料している。再生林に関しては、長期的に維持管理が必要なことから、後ろ向きな森林所有者が多い印象である。
- 家具や木工品等の木工業界は、それぞれ色々な取り組みを実施している。人口減少などの要因で厳しい局面に立たされているが、一方で海外に輸出する取り組みを県主導で実施している部分もある。
- もうひとつの成功のポイントは、市の取りまとめによって、川上から川下まで情報交換の場を作り、コミュニケーションを取る機会を増やしたことにある。加えて、市が企

画し、川下の事業者が実際に山に行き、受注生産方式の様に、伐採して買い取るというイベントも実施したことも成功要因である。

- モデル地域の取り組みは、地域内の川上から川下までの全体の取り組みを1つとして取り上げるのか、もしくは一部分を切って単体での取り組みという取り扱いになるのか。前者であれば、個々の事業者ではなく、市町村単位や地域全体で取り組んでいく必要があると考える。都道府県単位になると、関係者が多くなり取りまとめが難しい可能性がある。単体の取り組みではなく、地域全体のエコシステムの取り組みとして進め、横展開する方策を考えた方が良いのではないかと考える。
- イノベーションエコシステムということだが、次々にプロジェクトが生まれるようなイメージが全くできない。現状の提案で進めた場合、ブームが去るとプロジェクトがなくなり、コーディネーターに負担をかけて終わるのではないかと懸念する。地域選定も3つの地域があるが、イノベティブなプロジェクトがあるのではなく、国の補助金に頼り、従来と同じようにプロジェクトを実施しているだけになる。知の源泉である学術研究機関や、やる気のある事業者を中心にエコシステムを形成しなければイノベーションは生まれない。アントレプレナー教育で、人材育成をしていくことも重要である。更に、出口戦略も見据えてプロジェクトを進めなければ、ビジネスとして成立しないのではないかと危惧する。
- モデル地域における大学で林業学部や林業学科の設立や海外から著名人を招聘するといった体制を整えなければ、現実的にエコシステムの形成は厳しいのではないかと懸念する。アントレプレナー教育について、韓国は、グローバル・アントレプレナーシップ・モニター調査での評価指数が日本の2倍ある。背景として、国がアントレプレナー教育を積極的に推進しており、意識が醸成されたのではないかと推察する。安易にコーディネーターを配置するというのではなく、地方であっても、一定水準の教育環境を提供し、イノベーションが生まれる土壌を整えることが必要である。
- B地域をモデル地域として選定するのであれば、その地域で林業を専門とされている大学教授に学術的な部分から今後の展開について助言をいただくと参考になると考える。
- モデル地域は1つに選定する予定か。3つのモデル候補地域の課題はそれぞれ異なるので、地域間の情報連携を行うことにより、新しいイノベーションやネットワークが生まれる可能性があるのではないかと懸念する。
- 地域ごとに課題は様々なので、1つの地域で成功事例ができたとしても、横展開は出来ないのではないかと懸念する。入口や出口側の課題をうまく組み合わせ、一つの類型パターンとして実施するならば、3つ選定しても良いと考える。市場をどのように作っていき、市場のニーズをどのように入口にフィードバックしていくのか、また、技術を触媒としてどのようにイノベーションを起こしていくのか検討が必要である。

- 来年度の森ハブの事業展開について、1 つ観点として入れた方がよいこととして、林野庁またはプロジェクトに派遣する方でベストプラクティスを抽出する担当を立てたほうが良いと考える。ベストプラクティスを抽出することで、非常に生産性が高く安全な林業を作っていくという視点も入れた方がよいのではないかと考える。
- コーディネーターのプロジェクトへの派遣において、特に重要なのは、コーチャブル（コーチングを受け入れられる体制があるかどうか）という視点である。B 地域は地域として川上から川下までつながっている。そこにはコーディネートがあるはずである。そこに注目して、またはコーチャブルであるかを加味して整理すると良いと考える。
- 今回の3地域の中では、先進事例に取り組む地域となるとB地域になると考える。今年度はまずB地域を対象にするということで良いのではないかと考える。B地域は昨年からは林業DXを進めている。森林資源を把握し、情報共有を行い、素材生産を行い流通させていると認識している。そうであるならば、林業DXを含めた形の地域を取り上げて、イノベーションエコシステムとしてどのように展開し地域を潤わせるのか・林業を発展させるのかという観点で事業を分析し、よりよい事業展開を行うのが良いと考える。

(2)新技術/総合戦略

技術リスト更新

- モデル地域候補である3地域について、新技術という観点ではそれぞれどのような特徴があるか。関連付けて検討することが必要と考える。

アウトカム指標

- 後々に様々な技術を評価する時のことを考えると、定性的と定量的両面で評価項目を設定するとよい。定量化可能な指標に固執し過ぎると、本来追跡したい指標にならない可能性もあるため、定性から定量的の順に評価し、仮に定量的な数値が達成できないとしても、定性的な指標に近づいたのであれば評価できると考えるのが良いのではないかと考える。このようになっているのが望ましいという理想型について議論し、それを示す指標をいくつか選び、定めていく方法が良いのではないかと考える。

(3)機械開発

- 機械開発について、今の状況だと普及までに時間がかかることが想定され、日本のメーカーでは厳しいと感じている。日本と比較して飛躍的に生産性の高い国の林業機械システムをベンチマークとして参考にしてはどうか。具体的にはニュージーランドは、日本と同じような急峻な斜面で林業機械を使用して、施業地の中の通信はWi-Fiで行っている。オペレーターが画面を見ながら集材機の操作を行っている。

日本と比較することで、法規制等の観点についても整理ができるのではないかと。

- 機械化を進めることで、従来の工程が省かれる場合もある。工程ごとで海外の技術と国内の技術を比較することは、国内の機械開発の進展につながると考える。
- モデル地域をどこにするかという冒頭の話にも関係すると考える。日本はなだらかな山から急峻な山まであり、どこでモデルを作っていくのかが議論である。そうした意味でも複数の地域を視野に入れることを将来的に考えてもいいのではないかと。
- 現状と課題をしっかりと示すのは良い。今後の開発の方向性を示すとさらにイノベーションにつながってくるのではないかと。また、真似るという視点も重要であると考え。技術系の上場企業の元社長も、真似ることはイノベーションで大事な要素だと言っていた。ベンチマークや真似る視点は重要であると考え。
- 個人的にはニュージーランドは北海道・九州に近いと感じる。本州の急峻な地域はオーストリアに近いと感じている。それぞれ生産性は高く、1日1人当たり30立方メートル程度、日本は良くて10立方メートル程度であり、3倍もの差があるが、海外の事例を参考にしながらということは十分にあり得ると考える。
- 作業フェーズごとに分けてあると、現場もわかりやすく、開発フェーズもわかりやすくよい。林業は他産業の何十倍もの労働災害があるので、労働災害の削減を目指すことを加味しながら開発を進めることが必要と考える。

第4回

第4回専門委員会では、前3回における議論を踏まえたとりまとめとして、各テーマの調査・検討の報告を行うとともに、テーマごとの成果物(案)について、意見・提案を聴取した。

特に次年度の森ハブの取り組みに向けて、イノベーションエコシステムの形成に関する議論を中心に行うため、テーマ3から報告し、その後、テーマ1、2の順番で報告したため、下記の意見概要も同じ順番で記載する。

1) 開催概要

日時	2023年1月11日 13:30～16:00
場所	丸の内二重橋ビルディング トーマツ会議室 所在地:東京都千代田区丸の内 323
議題	➤ テーマ別の進捗報告 (1) 宮崎県視察報告 (2) イノベーションエコシステム形成 (3) 新技術/総合戦略 (4) 機械開発

資料	資料1	令和5年度予算概算決定の概要等
	資料2 - 1	宮崎県視察報告
	資料2 - 2	テーマ3 イノベーションエコシステム形成
	資料2 - 3 - 1	テーマ1 新技術/総合戦略 (技術リストの更新)
	資料2 - 3 - 2	技術リストバックデータ(令和5年1月11日時点)
	資料2 - 3 - 3	技術リスト(令和5年1月11日時点)
	資料2 - 4	テーマ1 新技術/総合戦略 (アウトカム指標検討)
	資料2 - 5 1	テーマ2 機械開発
	資料2 - 5 2	林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(案)
	資料3 - 1	令和4年度林業イノベーション推進シンポジウムのご案内

2) テーマ別の調査に対する委員からの主な意見

(1) 宮崎県視察報告

- 生産量の7万立方メートルというのは、地域の森林成長量の中でどの程度と評価しているか。宮崎県では伐採が過度になっている地域もあると聞く。

(2) イノベーションエコシステム形成

- イノベーションエコシステムは、コーディネーターを中心として地域を支援するということと認識しているが、様々な課題がある中で、それぞれの課題を誰が検討するのかを明確化しマネジメントする必要がある。
- 地域でエコシステムを回していくことも重要であるが、地域の共通課題を抽出して、林野庁にフィードバックしていくことが重要であると考えます。
- 既存の技術やシステムだけでは解決できない課題も出てくると考える。そこから技術開発のニーズや課題解決方法の知見を得られると考える。その知見を検討していくためにコーディネーターのバックエンドに検討部隊を作り、技術開発に活かしていけるようなベストプラクティスを抽出することが重要である。
- システムに関して、理想的な林業のやり方・データベースの構造・システム・林業機械を並行して考えていく組織が共通組織として林野庁の中に必要と考える。
- 中長期計画は非常に重要と考える。我々が本来やるべきはバックキャストिंगである。10年、15年後にどういった林業をこの地域で確立したいか、そのためにどういった計画を立てて実行するか、そこにはどういったコーディネーターが必要かという議論も必要である。
- ヒト・モノ・カネの視点で、ヒトについては根本的にマインドセットを変える必要があると感じた。例えばドローンの活用等の新たな技術の導入を提案しても、様々な問題を理由に前向きではない地域・事業者も多いのが現状である。技術による既存課題の解決のみではなく、もっと現状を打破する取り組みについても検討する必要がある。モノについては、導入できる技術がたくさんあると感じ、導入を進めるべきである。カネについては、補助金などの有効活用も必要である。プルーフオブコンセプトは強化する必要がある。林野庁に関連する研究機関はどのような活動を行っ

ているかが気になっている。現場のニーズに応じた研究をしつつ実用化を進めるべきである。

- 本当にイノベーションをおこすのであれば、抜本的に何かを変えていく必要がある。環境省や国交省のプロジェクトでは廃棄物など静脈側の課題を動脈側の技術等を用いて解決するための「静動脈連携」をイメージすべきという話をしている。例えば林業分野との関係においては、ストローなどプラスチック廃棄物（静脈側）の問題に対し、林業の動脈側の技術、具体的には木材加工の技術を活用することで、実際に木のストローなどの代替品が作られている。他方で、林業最大の課題は、川上側（動脈側）の仕組みが構築できていない点であると感じるため、林業を再定義する議論も行うべきと考える。プレイヤーによって林業の捉え方が違うため、バイオなども含めて林業とすると様々な出口の可能性が描けるのではないかと考える。
- 「プレイヤーの関与イメージ」について、異分野プレイヤーと書いているがもう少し具体的な名称で記載した方が良いのではないかと考える。資料2 - 2 P.34 について、コーディネーターは林業に関与した経験や知識を有している必要はないと考える。例えばデザイナーやクリエイター等の林業関係者ではない方に入ってもらい、全く違う視点を入れるのが良いのではないかと考える。この人という固有名詞で挙げられる人でないと地域の中でエコシステムは作れないと考える。
- 森ハブが関与することで、全国の見本となるような組織が出来ると成果になるのではないかと考える。理想的な姿や、最新の技術をフルに投入し、最高レベルの林業をどのように実現していくかという所までやらないと物足りないと感じる。キープレイヤーが地域にいる前提でないと難しいと考える。

(3) 新技術/総合戦略

技術リスト更新

- 技術リストは有用なツールなので、森ハブだけに閉じず、広く公開していただきたい。また、実際の導入事例があれば、メルマガや SNS などを活用して発信していただきたい。
- 林業事業者からも技術リストへの関心は高いと思うので、問い合わせ窓口としての役割も森ハブには担っていただきたい。
- 技術リストの各 TRL の状況に応じて、マッチングをどのように行っていくのかを、より具体的に示せば、技術リスト利活用の出口が見えてくるのではないかと考える。例えば、量産して普及までしている技術であれば、連絡先の共有でマッチングはできるが、実証段階の技術で、フィールド調査の場所を探索している場合は、場所の提供先を共有する必要がある。また、基礎調査段階の技術であれば、要望リストを提出してもらい、広く周知していき、マッチングを行うといった方法がある。
- リストの公開だけは、イノベーションは起こらない。TLO でも HP 上で技術を公開し

てもビジネスにはつながっていないので、他の方法を検討しなければならないではないか。地域のニーズをヒアリングし、ニーズにマッチする技術を提示するという方法等が考えられる。

アウトカム指標

- 客観性を持たせられるための論点として、進展度の認定主体や人数、レベルの認定基準の2点を挙げているという認識でよいか。
- テーマ3の質疑で挙げた取組地域で策定すべき中長期的な計画を踏まえると、客観性を持たせる評価軸も、その計画の中で議論すべきではないか。
- アウトカム指標による評価は、どのような形で実際に活用されるのか。森ハブで関わっているプロジェクトの進捗度合いを測るために活用するのか。
- 林野庁の事業であれば、一定期間進展を追跡することが求められると考えられるが、どういった地域や事業でこの評価が活用されるのかイメージがわからない。
- ある協会の基金の取り組みでは、支援団体が自己評価を行い、別に2名の評価専門委員が客観的に事業評価をしている。委員間の評価にバラつきがあった場合は現地視察をする評価システムを設けている。評価結果自体が重要なのではなく、評価はコンサルテーションを行うための、目線合せの手段に過ぎない。評価をする目的は、現状を把握し、どのように改善しゴールを達成するかを検討することにある。抽出した課題は、他地域でも参考になり得ることに加え、森ハブでも課題解決のノウハウが蓄積されていくので、そのようなことも意識して進めていただきたい。
- 客観性を担保することも重要だが、担当コーディネーターはそもそも現場を実際に支援しているので、担当コーディネーターにより評価を行うという考え方は適切であると考えられる。

(4) 機械開発

- 次年度以降は、2030年、2035年の実用化・普及を目指し、バックキャストでイノベーションを起こすのであれば、林業機械開発だけではなく、クラウド、木材配送業者、製材所とのデータ連携や、脱炭素の観点も含めて、幅広く検討いただきたい。
- 機械開発の開発における情報が集約され、有意義なものではあるが、どのように活用するかという議論も次のステップとして必要ではないか。
- 課題に挙げられている電動化は、林業分野に限った話ではない。解決方法として、日本の技術探索にとどまらず、海外技術の探索も行い、日本にないものは海外を参考にし、様々な技術を統合するという日本の強みを生かすことは重要である。
- 機械開発に力を入れて行く方針であるにもかかわらず、来年度当初予算が半分になっていることは懸念している。
- 次年度予算の事業にも挙げられている木材のサプライチェーンマネジメントによ

る木材流通の適正化を見据えることも重要な観点である。

3. 分科会における検討

(1) 分科会(機械開発)の構成

林業機械の遠隔操作化・自動化を実現する諸技術、必要な条件整備について議論するため、専門委員会の配下に分科会(機械開発)を設置し、下記9名の有識者を招聘した。

分科会(機械開発)委員一覧

分類	所属	役職	氏名(敬称略)
学識者(座長)	京都大学フィールド科学教育研究センター 森林生態系部門 森林育成学分野	准教授	長谷川 尚史
学識者	森林総合研究所 林業工学研究領域 収穫システム研究室	室長	中澤 昌彦
学識者	森林総合研究所 林業工学研究領域 省力化技術研究室	室長	山口 浩和
メーカー (建機)	ARAV(株)	マーケティング・DX戦略 統括マネージャー	中本 武範
技術 (通信)	京都大学 大学院情報学研究所	教授	原田 博司
技術 (自己位置推定)	東京海洋大学 海洋工学部 海洋電子機械工学科	教授	清水 悦郎
技術 (AI)	法政大学 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科	教授	今井 龍一
林業事業体 (車両系)	(株)柴田産業	専務取締役	柴田 智樹
林業事業体 (架線系)	(有)川井木材	代表取締役	川井 博貴

(2) 分科会(機械開発)開催結果

分科会(機械開発)は、令和4年9月から12月にかけて計3回行った。各回ともにオンラインにて開催した。

第1回

第1回分科会では、林業機械の自動化・遠隔操作化の実現に向けて、各委員の取組・課題・今後の期待についての情報共有と、今後の方向性について、意見交換を行った。

1) 開催概要

日時	2022年9月6日 15:00~17:30
場所	Web会議(zoom)
議題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 議事 (1) 令和3年度成果の報告

	<p>林業イノベーションハブ構築事業について</p> <p>昨年度の成果物について</p> <p>(2) 令和 4 年度分科会の目的</p> <p>(3) 各委員からの発表</p> <p>自動化・遠隔操作化に関する取組と課題、今後の期待</p> <p>林業機械の自動化・遠隔操作化に必要と考えるインフラ・技術</p> <p>林業機械の自動化・遠隔操作化に対応した森林作業システム</p> <p>(4) 質疑応答・意見取りまとめ</p>
資料	<p>資料 1-1: 林業イノベーションハブセンター (Mori-Hub(森ハブ))</p> <p>資料 1-2: 林業イノベーション現場実装推進プログラム (令和 4 年 7 月アップデート版)</p> <p>資料 1-3: 技術リスト(令和 4 年 3 月 31 日時点)</p> <p>資料 1-4: 機械開発・森林作業システム方針(案)(令和 4 年 3 月時点)</p> <p>資料 1-5: 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)(令和 4 年 3 月時点)</p> <p>資料 2: 令和 4 年度分科会の目的</p> <p>資料 3: 各委員からの発表(林業現場の条件について)</p>

2) 令和 4 年度分科会の目的

- 本分科会のゴールとして、メーカーが参考となる資料となっているが、こういったものが参考となるのは難しいところであり、また、機械の開発は巨額の開発費がかかるため、台数を売っていくためには、技術と現場ニーズとの合致をどのように図るのかというところが、ハードルになっている。
- 林業機械メーカーにおいては海外の方が技術的に進んでおり、国内の林業機械メーカーは事業規模が小規模よりであるため、自社での開発は難しいと思われる。そのため、林野庁の補助事業や、クラウドファンディングなどで予算を集めながら、進めていくのがよいのではないかと。また、林業だけでなく、森林産業全体として機械開発を推進すべきではと考えている。
- 技術面だけでなく開発費等の面にも注目しないと動いていけない。そのため、林業に係る研究者及び現場側から要望・希望を発言頂くと各専門家から助言も頂けるので、積極的に議論を深めていければと思う。
- 国内対応か国際対応かというところで、船の世界では国際対応というところで、国際基準である ISO 等に則ろうとする動きがある。船に関しては、国交省の管轄ということで経産省は手を引いたが、メーカーが国際標準対応の機械開発を目指すのであれば、経産省のロボット政策室といった別の省庁の予算を使うことも可能。
- 日本の林業機械のメーカーのフットワークが軽くなく難しい。ただ、日本は雨が多く温暖な地域で、世界の林業の作業条件の中で最も悪い地域であると考えており、そういった場所で自動化ができれば世界のどこでも通用する技術になりうる。ヨーロッパで行われている低コスト・高効率な作業システムの中では、日本の技術が主

流となることはないが、雨が深い・急傾斜地といった条件不利地における技術提供はできるのではと考えている。

- 日本国内だけでは販売台数という面でリスクが高いため、条件不利地向けというのも自動化・遠隔操作化技術の一つのターゲットになるのではと感じた。現場条件として他には、高人口密度という条件も、自動化・遠隔操作化に有利に働くこともあるのでは考えている。
- 林業機械の日本の国内シェアは、そんなに小さいとは言えない。国内の高性能林業機械の普及台数が現在 1 万台を超えたが、良い面と悪い面が半々あり、素材生産量当たりの機械の台数密度が日本は世界で NO.1 になっている。機械密度が 1 番なので、市場としてはそれなりの規模感で形成されている。ただし、国内では限りがあるのに変わりはないので、世界シェアを見据えるのは必要だと思われる。
- 市場としてヨーロッパだけでなくアジア等も狙うとなると、自動化・遠隔操作化にあたって、みちびきといった日本の衛星による位置情報の高精度測位の活用が可能となると、総務省の衛星関係予算と連携し、ODA により海外展開するというパターンも考えられると感じた

3) 各委員からの発表

- 日本の林業の課題として、高い生産コスト、安い木材価格、劣悪な労働環境、曖昧な生産計画という課題があり、この解決に向けて、様々な技術及び自動化・遠隔操作化の発展に期待をしている。
- 自動化・遠隔操作化への期待としては、安全・環境という点で、大きな道を作ると、生産性は上がるが、災害という環境リスクも高くなるため、小幅員路網における、小型コンテナの連結走行・自動追従走行によって、環境と生産性の両立を図ることができればと期待している。
- 機械価格が高くなると、採算を合わすために施業規模は大きな団地が必要になってくるため、機械をフル活用するための森林作業システム・仕組みが必要。
- 新しい技術・機械が出てきたときに、現場からは必ず信頼性が問われる。伝統的な昔からの木材取引の世界がある中で、新しい機械で測った情報を如何にして流通させるのか。新しい技術・機械は地域全体として普及していく必要がある。
- 林業だけでインフラ整備をするのは、非常にコストがかかるので、地域生活や環境保全、防災に活用できるようなインフラとして整備していくことが必要。
- 森林のシミュレーションのための情報蓄積も必要で、今までのスギ・ヒノキだけの林業ではなく、今後植栽樹種や管理方法が多様化していくため、これらの情報を蓄積する方法というのも、自動化・遠隔操作化の中で期待している。
- 無人フォワーダやスキッドで、Lidar-SLAM による自己位置推定をしながら自動走行する試験が行われている。道の形状や、周りの立木を検知しており、2 年前時点

で轍による起伏の変状にも対応しながら走行できる状況まできている。

- インフラ技術の話として、デジタルツインの実現に期待しており、デジタルツインとは三次元のデータに時間軸を追加した四次元のデータで、現実世界のコピーをデジタル上で作ることが、デジタルツインであると理解しており、航行船舶等の異分野の動向を参考にしながら林業の中でもデジタルツインを活用できないかと考えている。
- デジタルツイン及び何らかの機械の自動化技術ができたとしても、通信インフラの課題解決が求められると考えている。
- 車両系の自動化に取り組んでいるが、架線系の方が自動化は比較的簡単ではないかと考えており、タワーヤードにおいては、すでに半自動化している。関連して、架線系と車両系のハイブリッドと言われるテザーシステムもある。ワイヤーで車両系機械をサポートしながら、車両系機械が斜面を動くシステムで、今後実用化・普及を期待している。
- 山村地域の過疎化はマイナス要因かもしれないが、機械の自動化においてはプラスの要因になり得る。人が近くにいないということは、安全や災害への配慮にかかるコストを削減できる可能性があるため、そういった状況をうまく活用して、自動化等が図れないかと考えている。
- 機械の自動化は電動化と同時に議論を進めていくべき。ヨーロッパを中心にゼロエミッションの話題がある。また、索道の方が回生エネルギーを回収しやすい点でも、架線系のほうが有利で、可能性があるのではないかと考えている。
- 海外では機械の大型化による効率化・低コスト化に取り組んでいるが、日本の地形において、大型な機械を使いまわすことは、法律的にもインフラ整備の面としても難しい状況。この中で、日本が目指すべきものとしては、日本が得意な小型機械の開発の方ではないかと考えており、自動化においては、小型機械の群制御も考慮しながら開発を進めていくのがよいのではと考えている。
- 昔は、林業用脚式移動機械という斜面に対応する機械を用いて、斜面移動に適した機体の制御方法、歩行の仕方等を研究されていたが、当時は動的安定が保てず、かつ静的安定を保った動作でも速度が遅いという問題があった。現在は、NEDO の農山村地域の電動化プロジェクトとして、小型の 4 足歩行ロボットで有名な BostonDynamics の SPOT という機械について研究が行われている。
- 2015 年に GNSS を使ったフォワードの自動走行の取組について、元々の課題は、Wi-Fi で遠隔操作することであったが、常に人が遠隔操作するのは効率が悪いので、条件の良いところでは自動走行することで負担を軽減するという開発目的になった。
- 2016 年に、無人搬送システムでよく使われる、電線を使ったフォワードの自動走行に取り組んだ。
- 自然物を対象とする森林作業は複雑なので、全ての状況に対応できる自動化はか

なりハードルが高く、実現できない可能性が高いと考えている。

- 自動化作業が可能な条件はどのようなものを明らかにすることで、作業の単純化や、自動化に適した作業方法や作業システム、作業環境の整備を行うことで自動化を図る、あるいは機械の改造や装置の追加をして、自動化できる状態を作れるのではと考えている。
- ティーチング(機械学習)等による確実な自動化ということで、SLAMによって道の状態(崩れそう、地盤が弱い)は判断が付かないため、作業の朝一にオペレーターが道の状態を踏まえて走行し、ティーチングさせることで、比較的安全で確実な自動化が可能だと考えている。
- 遠隔操作化について、遠隔操作中に無線が途切れると制御が効かず危険なため、遅延がほとんどない、かつ大容量の無線通信が必須だと考えている。
- 人工筋肉により操作するロボットを機械に載せるのか、自動制御の機械を作るのかという点も検討の余地があると考えている。

- 遠隔操作に必要となる通信について、全長 1000m のトンネル内でも途中でアクセスポイントを設置することで LAN ケーブルなしで、Wi-Fi 通信を可能にするといった技術が実装されている。
- 自動運転に必要な画像認識について、カメラと 2D-Lidar により林道の道路境界がどれくらい検出できるのかという実証実験の例があり、未舗装でかつ地面の色の差が少ない場所においても、概ね道路境界を認識できているという結論が出されている。
- SLAM や GNSS による、高精度三次元地図の活用について、SLAM はリアルタイムでポイントクラウド地図を生成しながら、機械がどこ進んでいくかを瞬時に判断するものだが、ADAS 地図という道路マップをあらかじめ取り込んでおくことで、SLAM でリアルタイム地図を生成しつつ、事前に作成したマップ内にある信号等の地物からどのくらいの距離に自分がいるかで、これからどこに進んでいけばいいかなどが早い段階で判断できる。
- 林業における死亡者の大半が伐木作業で亡くなっており、かかり木による事故が最も多いとのことで、特に重機が侵入できないような斜面の現場においては、枝打ちロボットのような小型の処理機のようなものが開発できれば、労災の減少に繋がるのでは考えている。
- 遠隔操作としては、作業道の整備のときに使いやすいのではと考えているが、映像越しに遠隔操作をすることになると、搭乗席のカメラ越しだけでは見えにくいという話もあるため、定点カメラ越しという視点を追加することも有用ではないかと考えている。
- 自動運転に関しては、イタリアで開発されたりモコン操縦型の下刈り機械について、

リモコンで動かせるということは遠隔操作も可能だと思われるのと、GNSS 等で事前にマッピングすることで、自動走行が可能と考えている。

- 自動運航船実現に向けた取組として、国交省の自動運航船安全検討 WG において、国際ルールを検討されている。
- 船舶の業界においても、安全性向上、船員の負担軽減、3K 対応、また林業同様高齢化が進んでおり船員不足対応として、自動化・遠隔操作化が求められている。
- 自動化にあたって、遠隔監視・コントロールセンターからの指令に基づき、障害物回避等を行う必要があり、制御性とメンテナンスフリー化を考慮すると電動化が望ましい。その中で、対象とする船舶や運航する水域・海域によって検討すべき問題が大きく異なる。
- 船舶においては、サイズや、空荷と満載の違いにより、波や風により受ける影響が異なり、運動性能が大きく変化することで、障害物を発見することが要求される距離も変化し、要求されるセンサーも異なってくる。例えば、大型船であれば 30km 先の障害物を見つける必要があるが、小型船であれば、数 10m 先の障害物を見つける必要がある。
- 運航する水域・海域として、河川や運河においては、水位の変化により障害物との位置関係も変化するが、水中の正確な障害物の検知は難しい状況である。そのため、既存地図(国土地理院の基盤地図情報データ)を用いて水路地図(橋や護岸の高さ情報)の整備方針を検討し、3D 地図の整備が取り組まれている。
- 無線通信には、大きく分けると、公衆系(4G や 5G)と自営系(Wi-Fi やローカル 5G など)がある。スマート林業実現に向けた無線通信は、公衆系のエリア外に自営系無線通信、不感地帯対策では、中継機能が考えられる。
- 多様な通信方式がある中で、森林内に好適な周波数は、VHF 帯が可搬型で通信距離が長く、森林の影響も受けにくいことから適していると思われる。VHF 帯は、細かい回り込みはできないが、実際に山林内のリアルタイム映像を山麓へ伝送した事例がある。
- VHF 帯を活用した広域系 Wi-RAN システムと、狭域系 Wi-SUN システムを構築することで、森林内でも万遍なく無線通信の構築が出来ると思われる。ただし、森林内での実証事例が少ないため、今後更なる検証が必要。
- 近年は画像圧縮技術の発展により、小さい通信容量でも高精細な画像の転送が可能となっている。
- 建設業では、情報化施工 = 設計データ + 位置情報技術 + 建設機械であり、主要道路沿いにおいて 3D 点群データをブラウザ保存し、標識等の地物の抽出や災害

発生時に再度点群データ取得し、その差分結果を災害査定への活用に向けた取組や、事務所から出来形管理を行うシステムの構築が行われている。

- 機械の開発・運用にあたっては、協調領域・競争領域の区分や、官民の役割分担（民間側の負担額が許容内となるのかどうか）の整理が必要。また、技術、制度とも連動した予算措置が必要。
- 制度としては、国内標準化・国際標準化の是非や、施工基準等の制度設計、機器・ソフトの検定制度なども必要となる。
- 機械・ソフトの開発事業者の有無が発展に大きく影響（建設業も当初はほとんどおらず、この点に大変苦労した）
- 設計データが存在しない場合の措置をどうするか。
- AI によるヒヤリハット等の危険事象の解決策は開発難易度が高く、動作しながらリアルタイムで樹種判定等の判断を行う技術となると、開発・運用費が高額となる。

- 現在存在する技術、今後の可能性などについて語ることも大事であるが、現場としては現状高度な自動化等ではなく、機械を運用する時の複合操作を入れないでできる機械など、今すぐ適用できる、明日から使える技術が欲しいと思われる。
- 小規模な企業の方が要望に対する開発が速い。
- 自動化・遠隔操作化については、まだ実際の現場からほど遠い話が多いように感じたが、通信についてはすぐにでも適用できることが多いと感じている。
- 現場からの要望は重要になる。スピード感を持って取り組んでほしい。

4) 質疑応答・意見取りまとめ

- 海運業界での電動化の状況について
 - ◇ 海運業界での電動化の状況について、カーボンニュートラルポートの取組も始まっており、ヨーロッパでは、電動船もできているが、海運においては水の抵抗を相手にしなければいけない(空気の 800 倍の摩擦抵抗)こともあり、常に坂道を走っている状態のようなもので、バッテリー消費が激しいため、近距離の定期ルートのような条件ではないと厳しい。水素、燃料電池などの別のエネルギー源も検討しながら、場面ごとに検討を進めている状況。
 - ◇ 電動化といえば、港湾ではクレーンで利用されている。
- 通信規格の検討するにあたり、どのような場面でどういったことを実現したいのかというユースケースを整理してもらえると圧倒的に検討・提案がし易くなる。ユースケースに対する技術、何をさせるかによって選べる。現場の要望として、直近で実現したいことについて検討することは重要。一方で、直近で実現したいことを優先したことにより、中途半端となり、5 年後目途に実現したいものが実現しないということも通信技術ではよくあるため、注意が必要。通信技術は特に達成したいロードマップ

が重要になってくる。

- ◇ どのような作業体系に焦点を当てるかによって考慮すべき条件などが変わってくる。伐倒の場面に焦点を当てた場合、通信範囲は数 ha という面積規模になる、フォワーダなどの出材・運材の場面に焦点を当てた場合は箇所によっては数 10ha という面積規模になってくる。難しいが、類型化は必要であると考えている。

第 2 回

第 2 回分科会では、林業分野の課題と、その解決に期待する林業機械の自動化・遠隔操作化の内容を整理するため、林業の各工程における自動化・遠隔操作化の内容・課題とその対応策について議論した。

1) 開催概要

日時	2022 年 10 月 18 日 13:30 ~ 16:00
場所	Web 会議 (zoom)
議題	<p>➤ 議事</p> <p>(1) 本日の分科会について</p> <p>(2) 林業機械開発事業の現状</p> <p>(3) 林業機械の自動化・遠隔操作化による将来の作業システム例</p> <p>(4) 林業の各工程における自動化・遠隔操作化の課題</p> <p>(5) 意見取りまとめ</p>
資料	<p>資料 1: 本日の分科会について</p> <p>資料 2: 林業機械開発事業の現状</p> <p>資料 3: 林業機械の自動化・遠隔操作化による将来の作業システム例</p> <p>資料 4: 林業の各工程における自動化・遠隔操作化の課題</p>

2) 林業の各工程における自動化・遠隔操作化の課題

【伐採】

- 伐採においては、切る前は立木があり、通信状況は悪いが、SLAM 等による相対的な位置関係は把握しやすい一方、作業が進んで切り開かれていけば、通信状況は良くなり GNSS の取得精度は上がるが、相対的な位置関係が把握しにくくなるという状況。
- 機械を遠隔で見られるレベルで、ハイビジョンクラス相当以上の映像の伝送が必要になると思われる。また、林業の現場では、常設ではなくて仮設だと考えている。
 - 木が密集して葉が多い場合は、ほとんどの通信が周波数的に難しいため、低い周波数を使う VHF のようなシステムなら可能性はあるが、問題は、無線機の値段が何十万とする。
 - VHF を使った場合は、4K クラスの画像を送ろうとすると、VHF 自身は帯域幅が

- 広いわけではないため、画像圧縮は必須であるが、技術的に不可能ではない。
- LPWA という低レートの伝送で広域のものも、少しずつ高度化してきており、動画像自身のフレームレートを少し間引いた形で、大きな動画像を伝送できるシステムも出てきているので、技術的には可能であるが、林業用途に使う時にどれぐらいのコストが出るのかが、難しいと感じている。
 - VHF による通信は、近くの CATV(インターネット回線)があるところから、ホップをつないでいくというパターンを想定している。イメージとしては、Wi-Fi のより広く飛ぶバージョンというイメージ。
- 11ah(正式:IEEE802.11h)という 920MHz 帯を使う Wi-Fi の技適を取得したという発表が日本国内でもあり、そろそろ製品化されると思われる。11ah の通信速度はそれほど早くはないが、VHF より容量を送ることができるのと、海上で 1km 程離れた距離で、1Mbps ぐらいの速度が出た実験結果があり、検討候補になると思われる。
- 920MHz で OFDM というデジタル変調方式は、11ah と 15.4x(正式:IEEE802.15.4-2020)の 2 つで標準化されている。11ah と 15.4x の違いは、15.4x の伝送レートは 12.5Kbps ~ 2.4Mbps まで、11ah は数百 Kbps ~ 4Mbps ぐらいまでで可変が可能。LPWA の次の世代がそろそろ始まる。
 - 他にも 11ah と 15.4x の違いとして、11ah ではホップ(中継)がオプション扱いで、ネット等で公開されている資料からは 2 ホップまでとなっており、15.4 を採用する Wi-SUN FAN は標準で 20 段以上のホップが可能で、今後 Wi-SUN FAN では 15.4x に対応した通信モジュールがでてくる予定。
 - VHF 帯を用いた ARIB STD-T103/119 は、伝送距離が 25km 以上と、920MHz 帯に比べ波長が長い分広く飛ぶ。また、伝送レートは 9Mbps ぐらいで、画像圧縮技術による 4K 伝送の実績がある。
 - この辺りの情報は、ネット上で曖昧な形で錯綜しているので、きっちり整理したほうがよい。
 - 現場側で大体 10Mbps、受取側も極力 10Mbps に近い伝送速度があれば、フル HD の映像を送受信しつつ、遠隔操作も可能となる。林業の現場において遠隔操作を導入する時には、10Mbps を目標にするのがよいと思われる。通信と映像の必要な規格、映像と操作側をずれなく動かすにはどうすればいいのかを念頭において、遠隔操作化・自動化に取り組んでいくのが大切と思われる。
- 建設業でもローカル 5G 環境を構築した、8K の画像でどのくらい読み取れるのか、映像でどんな施工管理ができるかなどの実験を行っており、どちらかというところではエッジ処理を用いている。また、建機のカメラ映像で、その場で判定してアラートを出すことや、トンネル等一部の工事では遠隔操作を行っているが、遠隔操作をここまで厳しい条件、特にリアルタイム性を要件として取り組んでいるのは少ない。
- 遠隔操作化にあたり、一対多という形も候補に入るのか。船の自動運転においても、

1人が10隻程同時に見るようになるのではという話があった。林業においても、現場に複数台機械を入れて、1人がリモートで監視するパターンも考えられるが如何か。

- 土木現場では既に自動化が一部実現されているため、遠隔操作化より自動化のほうが、可能性が高いという話があったが、逆に林業分野では自動化が難しいので、複数台の遠隔操作は、林業分野では可能性があると考えている
- 通信背景によるが、基本的にはローカル環境での遠隔操作か、スタンドアロン型の自動化になると思っており、通信遅延に関しては、遠隔操作の方が許されないと考えている。その中で、何が起こるか分からない森林内で、常に一人は監視・対応できる体制として、一対多は重要である。運材機械の自動追尾が、複数機械を同時に操作という点で近い話になるので、そういったところはすぐに取り組むべきと考えている。
- 私も同じ認識で、海外では効率を上げるために大型化しているが、日本の急峻な地形において、機械の単純な大型化は難しいので、小型機械の群制御を将来見据えておくべきと考えている。
- 基本的には遠隔操作で、必要ない部分は自動化という考えが適していると考えており、自動化する部分は完結させつつ、人間が介在するところは、機械が止まって人の指示を仰ぐという形で、複数台の機械を自動化 + 遠隔操作化するシステムが実現性・実効性があると考えている。

■ 実際の現場では、チェンソーマンの死亡災害が一番多いため、安全面では機械による伐倒が求められるが、地形によって機械が使えないところがある。傾斜地に対応した小型の機械の開発も必要ではあるが、木の大きさによっては機体が耐えられないと思われる。

- 機械の議論からずれるが、伐採作業時に木に潰されて動けなくなり、亡くなってしまふパターンが圧倒的に多いため、チェンソーマンの安全のためには、背中に背負うエアバッグのような、膨らんで人を守れるようなものが本当は欲しい。
- オペレーターは、ある程度機械に乗れるようになると、上手くなったと錯覚し、労働災害が起きるパターンが多く、同じ木を切るにしても、機械の使い方、切り方が人によって異なる傾向がある。
- Google のスマートグラスと AR 技術を用いて、ベテランの目線を未熟なオペレーターと共有して、ボタンを押すタイミングなどを話しながら伐採を教えることで、より効果的に技術力が向上し、安全面の向上及び将来の自動化にも繋がると思われる。そのためには遅延がない通信が非常に重要。
- 大型機械の自動化・遠隔操作化だけでなく、エアバックやかかり木処理のチルホールのような軽量なツールも、急傾斜地のような機械が入れないところで

は有効であるため、自動化・遠隔操作化に向けて、メカカルな部分でも開発が必要と感じた。

- 熟練者の技術は、初心者の教育と機械の制御にも使えると考えており、グラブやハーベスタ等のブームを操作するのに、熟練者の操作感等の林業における特殊なところ、テクニカルな部分を自動化等にも反映して行くべきと感じている。
- 特に伐採は、事故が最も多い作業で、効率化という観点だけでなく、安全が最優先される自動化・遠隔操作化という形になるかと思われる。他にもリアルタイム性や、作業の方へのアシストという部分でも、通信も含めた開発が必要だと思われる。

【造材】

- 立木の伐採と同じで、どこにどのような形状の材があるか、どのような状況にあるかという見た目のセンシングの話と、海外でも腐りや虫害による木の内部の損傷具合の把握が求められており、非破壊検査のセンシングが必要と考えている。木の内部の音が伝わる速度で、材の強度を予測することも可能だが、そのようなセンシングの話について情報提供頂きたい。
 - 海外では CT スキャナーで内部の節の状況を見ようとする取組もされているようであるが、今後気軽にそういうデータが取れるようになれば、必要とされる造材方法が出てくるとと思われる。
- 現場ではオペレーターが木の切った断面を見て、腐り・虫害の有無を目視で判別している。例えばスギであれば、枝から虫が入ることによる、「とび腐れ」という斑点ができる虫害があり、目視で判断可能。
 - 切る前では、木の根元の樹皮が剥がれているような傷がある部分で、色がねずみ色みたいになっていれば虫が入っているのでその部分は使えない、という判断は目視で可能。
- イタリアでは、腐り部分は水分量が高いので、近赤外線という特別な波長の画像を見ることで、腐り部分を抽出するシステムを、ハーベスタに組み込んだ開発機が出てきている。
 - 同じイタリアのチームの取組として、枝が多い場合、ハーベスタが造材時に枝払いを行う際の、枝払い刃による切削の抵抗や、採材時のチェーンソーの抵抗を計測し、節のありなしや材の強度を予測するシステムを検討している。
- 現場の技術の話になるが、腐りは根元から入っていることが多く、根元からどの位置まで腐りがあるか分からないため、少しずつ切り進んで、腐りが見えなくなっから、丸太を取るようになっている。ただ、熟練者は、腐りがどの位置まであるかをピンポイントで当てることができる。
 - 経験則ではなるが、腐っている部分の大きさが大きいほど、根元からの腐りも

長くなっているのに、腐り部分の径を見て、大体 m cm ぐらいと判断して落としていく。

- 経験則を数値化なりモデル化していくことが、自動化・遠隔操作化の中に含まれる必要があると感じている。
- 造材は切ってからという部分もあるが、虫害のような一部だけ変色しているのを事前に見つけるのは難しいので、木材市場ではこの谷は虫が多い・色が悪いという情報を経験上持っていることもある。

- 造材により価値の高いものを仕分けて採材した後も、良い材はより高く売れる市場等へ持って行く先を変えることもあり、切った後の仕分け作業はどう自動化するのか。また山の現場は非常に狭く、材の置き場に困る状況下で、現場によっては 10 数種類への仕分け作業を自動化できるのか、という部分は非常に難しい問題が出てくると思われる。

- オーストリアは基本的に全て 4m 定尺に切って、工場の高精度な選別機で仕分けるシステムにより効率化している。細かな仕分けをする林業が、日本のやり方ではあるが、自動化を進める中で、そこまで考えるのか、割り切って 4m とか 3m 定尺の世界にするべきか。他産業での合理化の例もあればそれも含めて、皆様のご意見を頂きたい。
- 言われる通り、規格で 4m 定尺というのは、自動化するには楽。また仕分け作業は、現場で行うより工場や市場側で行うほうが、効率が上がりやすく自動化もしやすいと思われる。輸送面でも、トラックは 4m 材の方が積むスピードも速く、VR によるクレーン積み作業もしやすくなるが、2m 材もあると横向きでの積み込みというパターンも出てくるので、4m のみで採材するほうが楽になると思われる。

- 現場の条件にもよるが、日本の建設現場は分離・分割発注のため、全体では大規模な工事でも、ゼネコンから見ると小規模で、建設機械や ICT 施工の技術を開発しても、十分な費用対効果が得られず、日本で開発したものを海外で活用して、初めて費用対効果が出るということが多い。

- 生産性向上や安全管理の観点で開発されている技術は、総合評価等の入札時の加点としての影響が大きく、そういった理由で力を入れているところがある。

- 全体の話になるが、今回の目論見が、安全管理、生産性向上、その安全管理と生産性向上を図るためのノウハウ的なところのナレッジマネジメントのためのデータ化という、3 つの目論見がそれぞれの工程で存在し、各工程の中で強弱が多少違うと思っている。

- 手段としては、直接作業員が安全器具をつけるような物理的な方法と、マシンコントロール(自動化)、マシンガイダンス、センシングが挙げられている。

- マシンガイダンスに関しては、遠隔操作が前提の議論が多いが、必ずしも遠隔操作だけではない。遠隔操作は技術的難易度が高く、建設産業でも実験や一部の現場で導入されているだけで、小規模な現場ではほとんどない。
 - センシングに関しては、アイマークレコーダー、あるいはモーションキャプチャー、マシンの操作履歴により、データを取得し、機械学習させてマシンコントローラかマシンガイダンスの素材・材料にしていく方法がある。
 - その他として、要件定義を定める必要がある。これを分科会の中で定義するのか、要件定義(案)としてまとめるのがいいのかというところも議論がいろいろある。
 - 要件を全部達成するのは、技術的難易度が高く、費用がかかるため、要件にレベル差を付ける方法もある。その中で、協調領域と競争領域の境界線をどこで引くべきか。
 - 林業そのものの特殊性として、協調領域と競争領域は、補助金が多い林業の世界では、難しいところでもある。
 - 建設業でやっている技術を、林業の方にダウンサイジングみたいな形で、適用できそうなものないか、レビューするの也不错かと思う。
- 今後のやり方として、オーストリア方式で行くのか、従来の方式で行くのかについては、2つの方向性で議論して行った方が良く考えている。

【集材・運材】

- 集材・運材は、全体の作業システム中でボトルネックになることが多いが、作業速度を上げられるか考えたときに、車両系においては運材のところでは機械台数を増やして群制御することで、作業速度を上げられる可能性はあるが、架線系で用いるワイヤーにおいては、巻き取り速度を上げるのはよくないと思われるので、ワイヤーによる集材においては、24時間止まらず稼働できるシステムを構築できれば1日当たりの生産量を増やし、他の工程との生産速度を合わせることができると考えている。
- 集材において、特に集材機やタワーヤードによる集材作業において、ワイヤーに過大な力がかかることがあるので、自動化・遠隔操作化の大前提として、ワイヤーにかかる張力のモニタリングシステムは確実に組み込む必要があると考えている。
 - 個人的には集材・運材が無人化できると、全体の作業システムのバランス良くなることも含めた上で、やりやすいと考えている。既にタワーヤードでは半自動化ができており、人間が指示を出せば、その後は自動で材を集める機能は既にあり、機械的にも電子制御がしやすい。特にタワーヤードに関する自動制御ができれば、日本の技術として世界にも打って出られる可能性があると考えている。

- 建設分野において物体を検出して、安全監視の為のアラートを出すのは、頻繁に使われているが、マシンを制御するためだけに画像の物体検出を使うのは難しい。マシンガイダンスでは使われており、マシンコントロールに関しては「止める」といった制御はしているが、そこからさらに次の作業に移るところは、慎重になっている。
 - 林業における現場の条件は、災害対応の条件と非常に似ている部分がある。通常の施工には建設機械と設計データと位置情報の3つが揃わないといけないが、例えば道路の崩壊により寸断された時は、設計データがない中で施工しないといけないという点は共通している。
 - 例えば平常時は林業で使用して、災害が起こった時には災害対応用の機械として使用するような、平常時と災害時の両方で使える建設機械という切り口での開発であれば、建設業界と連携した技術開発ができるのではないか。

【植栽・下刈り・電動化】

- 現場条件としては GNSS の受信環境は非常に良く、スターリンクのような衛星通信の条件もいいところではある。
 - 今後苗木の位置データを植付時から取得して、その後の森林作業に活かして行きたいと考えている。
 - 造林機械に関して、伐根等の障害物が多く不整地という現場内に、進入できる機械が求められており、建設業の法面工事で上から吊るしながら重機が下りて作業する機械があり、テザーも同様であるが、そういうのが面的な作業に展開できればと考えている。
- 立木が無いという現場条件の中で、RTK-GNSS が活用可能である可能性が高いが、一方で立木といった対象物がないため、SLAM といった技術は使えなくなることから、機械の精度は RTK-GNSS に依存する。
 - RTK であれば、植栽現場で試したことはないが基本的には 1cm レベルで精度が出ると思われる。急傾斜地で空が開けていない部分や、林縁部などでの検証はいると思われるが、条件的には建設現場と近い条件にはなると思われる。
 - 法面对策・斜面防災関係に関しては、想像以上にアナログで命綱により作業しており、機械化をしていかないといけないという課題認識を持っている会社が多いので、むしろこれから一緒に開発して行く可能性は充分ありえると思われる。
 - 建設機械メーカーが自動制御の技術を持っておらず、全部ゼネコンといった実際使っているユーザーの方が持っている状況で、ゼネコンと林業業界で共同開発できる可能性があるのか。
 - 自動制御は、ゼネコンが技術を持っているものもあると思うが、建設機械が

ベースなので、建設機械のメーカーで対応できる部分もあると思われる。その上でゼネコンと一緒にできるのかは、災害対応という切り口では可能性はあると思われる。

- 電動化に関しては、カーボンニュートラルという形で、船の方でも進んで来ており、電動化か燃料電池化かという中で、リチウムイオン電池や燃料電池で動かすのは、動力部分であるモーターであり同じであるため、どちらの選択肢になるのかは、供給インフラがどうなるか次第かと考えている。
 - 建機で気になるのは、どれぐらいの力が必要なのかと言うところで、油圧との併用は関わってくるのでは感じている。大型機械の電動化に関しては、船だけでなく港湾荷役をするところで使われているクレーン等の電動化・燃料電池化についても行われているので、そういう技術が使えるのではと思われる。
 - 建機関係で、マリコンからも話を聞いたりすると、バックホウの電動化の検討をしているが、電池の容量が少ないのと、価格が高価のため、中々踏み切れてはいない。
 - 重機メーカーと電動化に向けた話は既に始まっているが、山の中で木材のような重量物を運ぶにあたり、5t ぐらいの力が必要になると考えており、そのような重量物を、基本的に山の中では上から下に降ろす中で、重力エネルギーを活用して、充電と回生エネルギーをどう回収するかが、山の中での課題になっているが、船舶の方での回生エネルギーの状況をお聞きしたい。
 - 船の場合は、プロペラを止めるとすぐに停止するため、回生エネルギーは期待できない。一部帆船のような形にして走りながら発電する話はあったが、そういう別の力を電気に変えるという形なので、回生エネルギーに関しては使えないという状況。
 - 回生エネルギーは、基本的に惰性で走る事ができるが、ブレーキかける時に抵抗にするくらいなら、発電機回して発電取るというシステムで、ブレーキをかけずに止まるような状況では、回生エネルギーはシステム的に厳しいと思われる。
 - 林業の現場で車両系は難しいと思われるが、ワイヤーを使った架線集材は、山の高いところから数 t の丸太を、ブレーキをかけながら下ろして行く中で、エネルギーの回収ができるのではと考えている。山の中では、エネルギーをどう回収して、どう活用していくかが重要な視点になると考えている。
- 林業におけるカーボンニュートラルのような取り組みとして、10/5 に「ネットゼロエミッション達成のための森林の役割」として森林総研の公開講演会が開催されていたが、森林の中でのネットゼロを目指す取り組みは、世界的にも動きはある。
 - 海外で打って出るというところでは、そういう部分の開発をしておく、メリットが出そう。

- 単純に自動化だけではなく、電動化も交えた上での開発を進めていく方がいいと思っている。油圧も力を出しやすいので有効ではあるが、熱ロスが多いところもあり、電氣的な制御の方が細かな機械の制御がしやすいと思われる。併せて電気モーターを使うなら、きちんとエネルギーを回収していくシステムを組み込んでいきたいと考えている。
- 船の世界の電動化と自動化について、特にヨーロッパとかでは、大型船はエネルギー密度の問題で難しいが、中型船や小型船であれば、メンテナンスフリーにするため、自動化と電動化をセットとして取り組んでいる。

自動化・電動化を一体として、どの方向で開発して行くのかは、木をどのように出すのかというシステムの的な問題も同時に議論する必要があると思われる。

第3回

第3回分科会では、作成した成果物文書「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(案)」の説明と意見照会を行い、成果物内容の精緻化を行った。

1) 開催概要

日時	2022年12月23日 15:30～17:30
場所	Web会議(zoom)
議題	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 議事 (1)本日の分科会について (2)「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(案)」 (3)意見取りまとめ (4)林業機械自動化プラットフォーム設立の提案
資料	資料1:本日の分科会について 資料2:「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(案)」 資料3:林業機械自動化プラットフォーム設立の提案

2) 「林業機械の自動化・遠隔操作化に向けて(案)」について

第2章 林業の各作業工程における課題とその解決に貢献する自動化・遠隔操作化

- 要素技術の中に「生産性向上」とあるが、ここでの生産性の定義とは、個々の施業地全体における素材生産の生産性を指しているため、齟齬がないように、自動化により作業速度が落ちたとしても、夜間作業を行うことで作業量が増えれば、全体の生産性は向上することも含む表現にすべきと思われる。
- 現在、フォワーダの自動化の実証の中で、尾根・谷・標高差のある一周3km程度の周回コースで、RTK測位の補正情報の伝送に350MHz帯の周波数を用いて自動走行できた。このような周波数帯はどのように分類・記載すべきか。
 - 350MHzであればUHF帯となる。また近々、他の周波数帯において、NB(ナロ

ーバンド)-IoT 向けに一部解放される予定がある。このように現時点で利用できるものと、近々公開される情報を資料にどこまで記載するか、どう表現するかは悩ましいところである。

- 森林全体をカバーするには、低い周波数が良く、現在 VHF 帯でも IoT を NB (ナローバンド) でできないかという話も出てきており、用途は不明だが、従来 VHF 帯は 5MHz の公共 BB だけであったが、NB 方式であればパワーを下げた広域な通信も可能となる。200 ~ 400MHz 辺りで少しでもホップが可能であれば、森林内を隈なくカバーできる良い通信システムになると思われる。
- 様々な周波数で NB による、IoT 用の周波数が検討されつつあるので、そのような記載は入れておいてもいいのではと思われる。
- 伝送速度の目安については、fps(フレームレート)や圧縮の設定によって変わってくるため、目安数値の算出条件を示したほうがよいのではと思われる。
 - 圧縮技術については、各機械の性能によるものなので、現場ではいかに帯域を広げることができるかを検討する必要がある。
 - 誤解されないよう注意書きを工夫して記載すべき。
- 作業工程ごとに実現可能性が高いもの、低いものがあり、現場ですぐに実用できる技術が必要との意見もあった中で、その辺りの濃淡が表現されておらず、少し理想像に偏って、実現性が不透明になっている印象を受けるため、もう少し目先のものにも目を向けた資料にするべきではないかと思われる。
 - 仰る通りではあるが、本章は次章の要素技術の目次的要素として作成しているため、時間・難易度・適用可能性という軸は表現できていない。表現するとすれば第 4 章で将来像(例)を描く際に、近い将来・遠い将来という分類をすることは可能かと思われる。
 - 今回は、各作業工程のどこにどの課題があるかを網羅することが目的と理解しており、そこからの優先順位は、今後のメーカー間での WG 等での議論ではないかと考えている。ご指摘のとおり、難しい部分は多いが、少しずつ技術も進歩してきているため、実現性は高まりつつあると思われる。本資料としては、課題がどこか分かる網羅的な資料として、メーカーに「ここならできそう」と判断するための材料として使用してもらえたらよいのではと考えている。
- 各作業工程について、いきなり現地で自動施業という流れとなっているが、現場条件を把握してある程度プランニング(シミュレーション)をしてから動かすのが適当ではないか。また、何かトラブルが起こった際の対応をどうするかという部分が必要ではないかと思う。また、直列作業か、並列作業なのかによって難易度が大きく変わるため、どちらを想定しているのか触れるべきではないか。
 - 直列・並列については決めておらず、各工程で独立して記載している。また、プランニングによる自動化の記載と、トラブル発生時のリカバリーについては

内容として盛り込む。

第3章 林業機械の自動化・遠隔操作化に向けた要素技術

- GNSS の活用に関しては、別途技術紹介が必要ではないか。
- Moving base のような使い方もあり、農業トラクター等で先行して使われてもいる。また、センサーは、複数の周波数を扱える安価なものも出てきており、みちびきや他の無線を活用した RTK 測位といった、GNSS の活用方法は今後も増えていくと思われるため、別途取りまとめた方が良いと思われる。

第4章 林業機械の自動化・遠隔操作化による将来の作業システム例

- 自動化・遠隔操作化は、夢物語のように思えて難しい印象がある。特に四国等の急峻地では伐倒の機械化自体が厳しく、タイヤ式の機械をウインチアシストしても林内走行が難しい現場が多い。現実的なところでの期待としては、造材の自動化ができれば作業工程の短縮に繋がり、フォワーダの積み下ろし作業をキャビン内からできれば労働強度軽減に繋がる。
 - 架線の自動化については、イワフジ工業(株)のシステムは楽になると思うが、索張りの手間はかかり、タワーヤーダでは、単線なので集材範囲が限られてしまうため、遠い将来的にはドローン集材といった、策張りなしでどこでも集材できるシステムの実現に期待している。
 - ドローンはそんなに遠い未来ではないと思っているが、日本の複雑な地形の中での飛行の安定化と、天気の状態にも影響される点が課題である。
- リアルタイムで情報交換できる通信が必要だと特に感じており、山の状態が的確に分かれれば作業計画を立てやすい。また、いずれは AR 技術等を用いて、無人化できると思われるが、機械の乗り手としては悲しい部分もある。ただし、土場での仕分け作業といった単純な作業は遠隔化等を進めるべきと考えている。
 - 提案になるが、マグネットを用いて搬器と集材木を吸着して集材する方法として、伐倒後に各集材木にマグネットを取り付けて、架線で集材し、搬器にマグネットを付けて戻すというサイクルは如何か。
 - ◇ オートチャーカーを使うと、普通の作業より荷掛作業の労働強度は上がる(土場側の方が低い)。伐倒工程以外で労働強度が特に高い荷掛作業が楽になるため、実現すれば有用だと思われる。

3) 林業機械自動化プラットフォーム設立の提案

- 素晴らしい活動ではないかと思う。できるだけ色々な知見を集められるように、コネクションができるところを増やすべきだと思う。新しい無線機等を試せるテンプレート(定型現場)があると、違いも分かりやすく・情報提供しやすい。

- 今回は機械の自動化としているが、他の委員からの意見でも、通信に関する要望は多いので、通信に関するWGを作ってもよいのではと考えている。
- 船の業界も小さい業界のため、自動運行船については、日本財団が資金援助しており、オールジャパンで情報共有できる場所は共有し、仕様統一できる場所は統一しつつ、競争領域と協調領域を使い分けて活動している。同様に是非、取組んでいってもらえればよいと思う。その中で、通信方式だけでなく、機器同士の情報共有システムについても共有化することで、どのメーカーの機械でも共通して見えるようにすることで、異分野の機械とも繋がるようになればよいと思う。
- 機械や自動化に限定せず、非林業分野から林業分野に関わりたいという事業者もいるため、そういったところとも、繋ぐ機会があればよいと考えている。
 - まずは、森ハブのプラットフォームに参画して頂きながら、各種WGに気軽に情報収集で参加してもらえたらと考えている。
- プラットフォームについて賛同頂きましたので、来年度以降に林野庁及び森ハブ事務局と共に進めていきたいと考えているので、よろしく願います。

4. 結び

本年度は、令和3年度森ハブにおける検討と、「林業イノベーション現場実装推進プログラム」のアップデート版(令和4年7月公表)に基づき、3つのテーマ「テーマ1:新技術/総合戦略」、「テーマ2:機械開発」、「テーマ3:イノベーションエコシステム形成」を設定し、専門委員会および分科会(機械開発)を中心に検討・議論を行い、成果内容を取りまとめた。

次年度以降は、これまでの成果を活用しながら、プラットフォーム構築に向けた情報発信や支援機関としての機能充実に力を入れ、森ハブによる支援体制を確立していく必要がある。