

**令和元年度スマート林業構築
普及展開事業
報告書**

令和2(2020)年3月

林野庁

目次

1 章. 事業概要	1
1.1. 事業の背景及び目的	1
1.2. 事業実施体制	1
1.3. 事業実施項目	3
2 章. 地域協議会への指導・助言	4
2.1. 実施概要	4
2.1.1. 実施方針	4
2.1.2. 実施結果	6
3 章. ICT 等先端技術の活用手法	16
3.1. 様々な分野における技術	16
3.2. 森林域における通信技術の応用	17
3.2.1. LPWA 及び衛星回線を活用した林業安全管理システム	17
3.2.2. 長距離無線システムを用いた獣害対策	19
3.3. 造林に関する技術	24
3.3.1. 苗木生産用種子の選別技術	24
3.3.2. 林業用苗木運搬ドローン	27
3.3.3. ドローンを活用した森林整備事業（補助金）の申請・検査	30
3.3.4. 持続可能な「造林」の実現	32
3.4. 素材生産に関する技術	35
3.4.1. 無人走行フォワーダによる集材作業の自動化	35
3.4.2. 原木の品質判定が可能な高度木材生産機械（ハーベスタ）の開発	39
3.4.3. 林業労働災害VR体験シミュレーター	42
3.5. 需給マッチングに関する技術	45
3.5.1. 木材 SCM 支援システムの構築	45
4 章. 地域毎の実践的取組	48
4.1. 全体概要	48
4.2. 石川県（2 年目）いしかわスマート林業推進協議会	52
4.2.1. 地域協議会の取組概要	52
4.2.2. 今年度成果	53
4.3. 長野県（2 年目）スマート林業タスクフォース NAGANO	60
4.3.1. 地域協議会の取組概要	60
4.3.2. 今年度成果	62
4.4. 愛知県（2 年目）原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会	70
4.4.1. 地域協議会の取組概要	70
4.4.2. 今年度成果	72
4.5. 山口県（2 年目）やまぐちスマート林業実践対策協議会	75
4.5.1. 地域協議会の取組概要	75
4.5.2. 今年度成果	76
4.6. 熊本県（2 年目）球磨地区中央林業活性化協議会	83
4.6.1. 地域協議会の取組概要	83
4.6.2. 今年度成果	85
4.7. 福島県（1 年目）いわき市持続可能な森林・林業推進会議	92
4.7.1. 地域協議会の取組概要	92
4.7.2. 今年度成果	94
4.8. 和歌山県（1 年目）紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会	99

4.8.1. 地域協議会の取組概要	99
4.8.2. 今年度成果	101
5 章. 取組成果の普及展開	107
5.1. 実施概要	107
5.2. 事例集の作成	107
5.2.1. 昨年度事例集の配布	107
5.2.2. 今年度事例集	108
5.3. 説明会の開催	110
5.3.1. 開催概要	110
5.3.2. 参加者へのアンケート	112
5.4. 地域協議会間の意見交換	117
5.4.1. 開催概要	117
5.4.2. 主な意見	117
6 章. スマート林業の普及に向けて	119
6.1. スマート林業とは	119
6.1.1. スマート林業が目指すべき方向性	119
6.1.2. スマート林業に関連する施策等	120
6.2. スマート林業の普及・実現における主な課題	121
6.2.1. スマート林業の成果の見える化	121
6.2.2. 実践上の課題と対策の共有	121
6.2.3. 協議会の維持と取組の継続	122
6.2.4. 地域全体の合意形成	122
6.2.5. 取組の対象範囲（原木量、需要者）の拡大	122

1章. 事業概要

1.1. 事業の背景及び目的

戦後拡大した人工林が本格的な利用期を迎える中、人工林資源の有効活用や国産材の競争力強化に向け、国産材の安定供給体制を構築していくためには、近年目覚ましい発展を遂げている地理空間情報や ICT 等の先端技術を活用し、森林施業の効率化・省力化や需要に応じた木材生産を可能にする「スマート林業」の実現に向けた取組を推進する事により、意欲と能力のある林業経営体に施業を集約化し、効率的な森林施業を進める必要がある。

この取組を効果的に進めるため、スマート林業構築実践事業のうちスマート林業実践対策（以下「実践対策」という）により、「スマート林業」の実現に取組む都道府県、市町村、林業事業体等で構成される地域協議会（以下「地域協議会」という）に対し、先端技術に関する専門的知識の提供や業務の効率化に対する指導・助言を行うとともに、その取組成果等を取りまとめ、全国への普及展開を行うことを目的とする。

1.2. 事業実施体制

本事業は、一般社団法人日本森林技術協会（以下「日林協」という）と住友林業株式会社（以下「住林」という）の共同企業体により事業を実施する。事業実施体制を図 1-1 に示す。技術委員会の指導・助言を得ながら、共同企業体から地域協議会に指導・助言を行った。

本事業の技術委員会は、リモートセンシング分野や、林業機械、木材流通、木材利用システム分野に関する専門家により構成した、技術委員名簿を表 1-1 に示す。第 1 回技術委員会は、令和元(2019)年 7 月 22 日、第 2 回技術委員会は、令和 2(2020)年 1 月 20 日に開催した。技術委員会の様子を図 1-2 に示す。なお、技術委員会には各地域協議会から担当者が出席し、発表を行っている。



図 1-1 事業実施体制

表 1-1 技術委員名簿

氏名	所属
鹿又 秀聡	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 林業経営・政策研究領域 林業システム研究室
高橋 伸幸	群馬県森林組合連合会 指導部長
露木 聡	東京大学大学院農学生命科学研究科 農学国際専攻 地球生物環境学講座 国際森林環境学研究室 教授
中澤 昌彦	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 林業工学研究領域 収穫システム研究室 室長
井上 岳一	株式会社日本総合研究所 創発戦略センター シニアスペシャリスト



図 1-2 技術委員会の様子

1.3. 事業実施項目

事業実施項目と対応する本報告書目次について表 1-2 に示す。

地域協議会への指導・助言を通じて、「スマート林業」が目指す姿を実例や数値を用いて具体化し、取組事例集の作成及び説明会の開催により、全国へ普及する。

表 1-2 事業実施項目の概要

実施項目	実施概要	目次等
(1) 先端技術に関する専門的知識の提供及び業務の効率化に対する指導・助言 ①各地域協議会の事業計画、目標設定 ②進捗管理 ③効果の検証	地域協議会へ専門的知識を提供するとともに、必要な指導・助言を行う。 技術委員会を開催する。	報告書第 2 章
(2) 取組成果の普及展開		
①事業報告書の作成	事業成果をとりまとめ報告書を作成する。	報告書
②取組事例集の作成 ア ICT 等の先端技術の活用手法の整理	「スマート林業」の実現に資する ICT 等の先端技術について、技術導入メリットの見える化が可能となるよう取りまとめる。 林業の各作業工程において効果的に活用できる ICT 等の先端技術の現場での活用手法の事例として取りまとめる。	報告書第 3 章 事例集
イ地域毎の実践的取組の結果の整理	スマート林業実践対策の地域協議会が実施した実践的取組等について、成果や課題、普及展開に向けたポイント等を明らかにしつつ整理する。	報告書第 4 章 事例集
③説明会の開催 ア次世代森林産業展	「スマート林業」を全国に普及展開するため、都道府県や市町村、林業事業体等を対象とした説明会を開催する。	報告書第 5 章

2章. 地域協議会への指導・助言

2.1. 実施概要

2.1.1. 実施方針

先端技術に関する専門知識の提供及び業務の効率化に対する指導・助言としては、①各地域協議会の事業計画、目標設定、②進捗管理、③効果の検証について行うこととされている。

今年度実証を行う地域協議会 7 地域（図 2-1）を対象に指導・助言を行った。福島県、和歌山県は今年度から実証開始、他の 5 地域は昨年度から継続となっている。新規の 2 地域協議会は特に重点的に確認することとした。

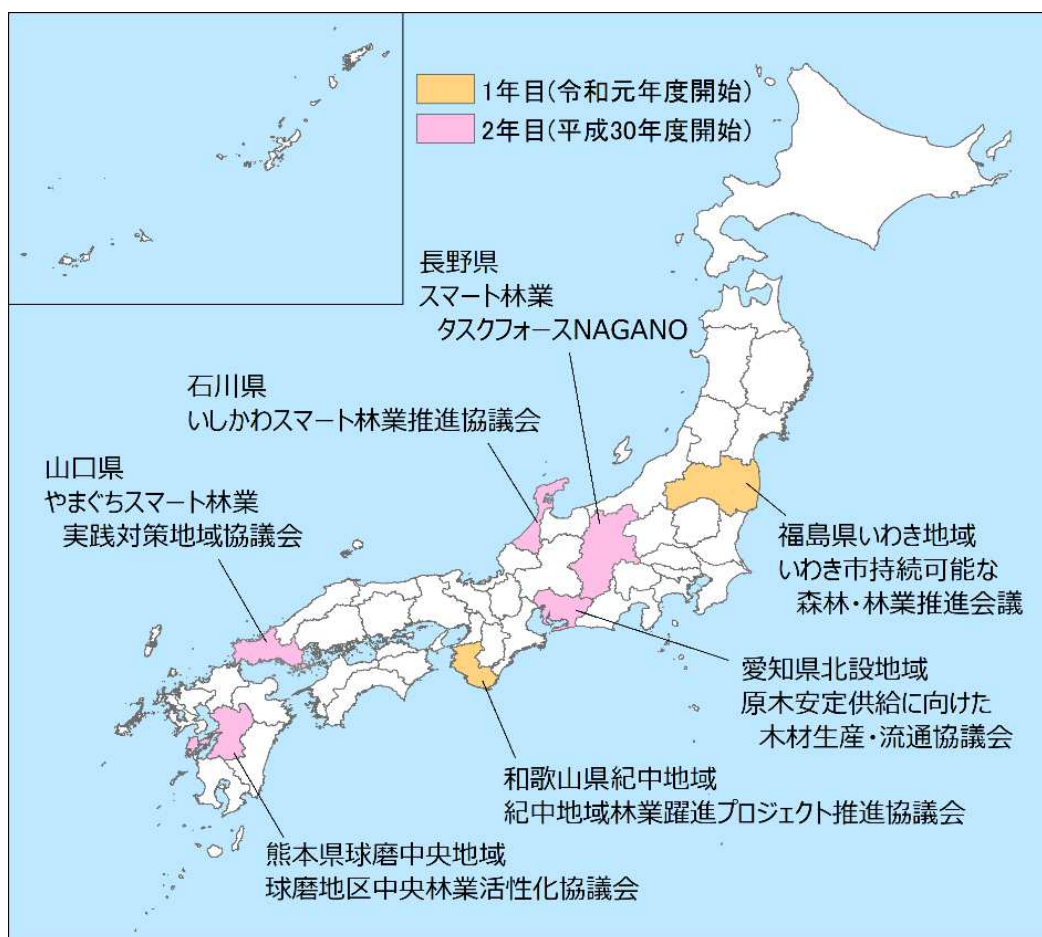


図 2-1 地域協議会位置図

進捗管理及び指導・助言の概要を表 2-1 に示す。

進捗管理については、技術委員会に各地域協議会がオブザーバー参加し、各地域協議会が自ら発表資料を作成するとともに地域協議会相互に進捗状況を確認することで事業全体の取組状況を把握するなど、効果的に進めることとした。各地域協議会の発表資料に対しては、事前に事務局から指導・助言をした上で、技術委員会場で技術委員から直接受けた指導・助言に対しても各地域協議会が資料の修正を行った。

今年度より新たに参加した 2 地域協議会（福島県、和歌山県）に対しては、現地実証等に技術委員を同行し、現地で指導・助言を行った。

表 2-1 進捗管理及び指導・助言の概要

時期	方法	指導・助言の概要
6～7 月	地域協議会による技術委員会発表資料の作成	目標値、効果の検証方法等について地域協議会が資料を作成し、事務局の指導・助言により修正等を行った。
7 月 22 日	第 1 回技術委員会への地域協議会オブザーバー参加	技術委員より直接指導・助言を行った。
8～9 月	技術委員会発表資料の再修正	技術委員からの指導・助言に対し地域協議会が資料を修正した。
10 月、12 月	現地実証への技術委員同行	新規地域である福島県、和歌山県の現地実証において指導・助言を行った。
12～1 月	地域協議会による技術委員会・報告会発表資料の作成	実証結果等について地域協議会が資料を作成し、事務局の指導・助言により修正等を行った。
1 月 20 日	第 2 回技術委員会への地域協議会オブザーバー参加	技術委員より直接指導・助言を行った。
1～2 月	技術委員会・報告会発表資料の再修正	技術委員からの指導・助言に対し地域協議会が資料を修正した。
2 月 25 日	報告会での発表	地域協議会が発表した。
2 月 26 日	意見交換会	地域協議会のみで工夫・課題等の意見交換を行った。

2.1.2. 実施結果

(1) 発表資料作成に関する指導・助言

各地域協議会の技術委員会における発表資料の作成にあたっては、表 2-2、表 2-4 に示す観点から指導・助言を行った。各地域協議会から委員会 2 週間前に資料を提出いただき、必要に応じて修正の指導・助言を行い、委員会当日用の資料を作成した。

委員会において技術委員から各地域協議会が直接受けた指導・助言の概要は表 2-3、表 2-5 の通りである。

表 2-2 第 1 回技術委員会発表資料作成における指導・助言

記載項目	記載内容
取組概要	- 全体事業計画及び令和元(2019)年度の事業内容、目標（<u>全体計画のどの部分か</u>を示すこと。） - 長期的な目標だけでなく、<u>令和 2(2020)年度時点の目標値</u>を提示すること。
目標値	- 対象の範囲と単位を明確にした上で、目標を設定すること。 - 目標に対応する<u>現状の数量</u>と、<u>目標値の算定根拠</u>を示すこと。 - 目標と地域が抱える森林・林業の課題解決との関係を明確にすること。 - 目標を達成するための<u>技術的な根拠</u>を提示すること。 - 目標に対する実績値の計測方法を明確にすること。
効果の検証方法	- 目標値及びその計測方法に基づき、適切に実証すること。 - 実証においては、<u>労働災害防止、職場環境改善の観点</u>にも留意すること。 - 目標が<u>達成できない場合は、その原因を分析し、対応策を検討</u>すること。

表 2-3 第 1 回技術委員会における技術委員からの指導・助言の概要

地域	技術委員からの指導・助言
福島県	- 認証の話と G N S S の測量のデータの精度が上がるのが、どうつながるか少しわかりにくいので、説明を加えて欲しい。 - 森林域では、受信衛星をふやすという理由の中で「みちびき」を捉えるというのが、基本的な考え方であり、サブメータの受信がどの程度できるかはよく検証する必要がある。 - I C T スマート林業による効率化、あるいは生産性が高くなるということで、認証林の拡大が実現できるというような結果を期待したい。 - 物流については、配車システムを使えば運材のところはもっと地域全体で最適化できるのではないかと。G P S で木材を追うのもいいが、まず配車等の実態を調べていくことが重要である。川上に偏りすぎないように注意して欲しい。
和歌山県	- オルソ画像の立体表示機能、A R 技術、架線系施業関連について、もう少し具体的な内容を示して欲しい。 - A R については、携帯電波網が入らないところでは使えないのではないかと。注意が必要である。

石川県	- 県の森林クラウド（林地台帳等）と現場で使う林業クラウドの情報共有は、個人情報に配慮しつつ共有できる仕組みを国も含めて検討していく必要がある。北欧等ではオープンデータにしろ、ということによって新しく市場をつくっている。 - 最終的に林業クラウドの使用料等も含めたトータルコストまでを算出して欲しい。
長野県	- クラウドの導入により今までの人件費が削減できたなど、トータルコストでの効果を示すことができないか。情報化の世界ではクラウドもベンダーロックイン（メーカーの独自開発、技術に依存）になり、価格が高止まりしてしまっているという現状がある。どういうふうに全体のコストを下げながらやるのか、トータルな運用も考える必要がある。 - コスト削減が中心ではあるが、本来的に情報を扱うということは、その材に付加価値がつくという効果もあり得るので、収益性の改善、つまり情報を使って利益を上げるという観点も持ってほしい。 - 長野県は県内各地域により作業システム等の違いがあると思うが、それぞれに対応することで全国的にも参考になると期待している。
愛知県	- コスト削減の算定において、元々掛かっていた経費の明示、新たに掛かる経費の算入など、トータルコストをわかりやすく示して欲しい。 - 皆伐地に地上レーザで計測したデータは、伐ったらそのデータは無くなってしまう。本来レーザのデータは、長期の森林経営の中においてどう使っていくかという点にあるので、検討して欲しい。 - 路網設計ソフトの開発とあるが、既存のソフトもある中で、新規開発というのはコスト的にそぐわないのではないかな。
山口県	- 路網計画に使うデータとソフトの連携をわかりやすく示して欲しい。 - 地上レーザOWL、ドローンレーザの地形データの精度も含めて検討して欲しい。
熊本県	コスト削減の算定において、元々かかっていた経費の明示、新たに掛かる経費の算入など、トータルコストをわかりやすく示して欲しい。
全体について	- 各地域においては、様々な事業、予算を組み合わせで進めているところも多く、全体像とスマート林業実践対策で行う部分を示してもらえるとわかりやすい。 - 従来の森林情報というのは静的なイメージであったが、スマート林業になってからは、ほぼリアルタイムで動的なものになったと思う。すなわち、情報の賞味期限が非常に短いということであり、ドローンで見える化といえども伐ってしまえば情報は使えなくなる。情報の更新頻度が高く、システム全体が、組織的、人的、費用的な面で、継続性や持続性があるものではないといけない。

表 2-4 第 2 回技術委員会発表資料作成における指導・助言

記載項目	記載内容
体制整備における工夫・課題	- 協議会参加事業体等の意識（現状に課題を感じて参加している事業体が多い、2 年目の地域の場合は 2 ヶ年の変化やその要因、など。） - 体制整備における工夫（協議会の作り方、サプライチェーンの作り方、など） - 体制整備における課題（取扱量の多い事業体に参加していない、直送に対する原木市場の抵抗が大きい、など）
実証結果	- 実証方法について実証の規模（面積、素材生産量等）、技術的内容、実証期間等をまとめること。 - 効率性、採算性等の効果をできる限り定量的に求め、目標値と比較すること。 ✓ 実証する作業に係る労務時間、コストを算定する。 ✓ 従来手法の労務時間等は経験からの想定値でも可。 ✓ 既存の航空レーザ計測データ等を使用する場合、計測費用もコスト計算には含めること。 - 目標が達成できない場合は、その原因を分析し、対応策を検討すること。

表 2-5 第 2 回技術委員会における技術委員からの指導・助言の概要

地域	技術委員からの指導・助言
福島県	- 流通施設や需要者、この事業を進めていく上でのプレイヤーが、明確になっており、特に、輸送担当の地域の有力企業と連携できる点が期待できる。 - 今後、事業終了後に経済ベースで自立していくことが必要になるので、具体的な担当者のイメージを今から明確に持ちつつ進められるとよい。 - 流通センターについては、ストックヤードとしての機能もあると思うが、直送するにしても与信管理や決済など商流に関わるセンターの機能をうまく活用して欲しい。 - みちびき実証結果については、どれだけの時間を置いたのか、計測時間、後補正などについても整理して欲しい。
和歌山県	- ドローンレーザの検証については、プロットの詳細、コスト削減と労力削減の整理（導入費用が高くなるので）をして欲しい。 - 現場の作業員の方が非常に意欲的であり、今後の取組にも期待が持てた。 - 需給マッチングについては、仕分け等に関するベテランのノウハウをデータ化できるかにポイントがあると思った。 - 市販のシステムを使っている部分もあるが、システムは実証して改修してを繰り返す必要があり、そこまでを含めた契約としてメーカーと進めて欲しい。
石川県	境界明確化において、図面上としての境界明確化の重要性は理解できるが、杭打ち作業を省略するということが実際あり得るかどうか。現地での

	効率化も含めて検討できるとよい。 • ハーベスタの検知については、受け入れる工場側の検知システムについても調査した方がよい。 • いろいろなクラウドシステムの全体を見たときに、全体最適になっているのか、個人情報も関連するのであれば、県や国も、最初から一緒にやっていくような形でもいいのではないかな。
長野県	• 航空レーザ計測とドローンのコスト比較においては、広域で取得する航空レーザ計測は単位面積では割安になるが、古いデータになれば現状との差異も大きくなるので、コストのみで一概に比較できるものでもないことに注意が必要である。 • スマホで検収したデータについて、どういうデータ（入荷先も含むのか等）を共有するのか、具体的に示して欲しい。
愛知県	• 路網設計支援ソフトについて、年間の経費削減額が年当たり 25%100 万円とあるが、林業専用道の全体計画調査 2,000m にもともと 400 万円もかかっていたのか。林業専用道の年間開設距離がどのくらいあるのか。 • 地上レーザ計測による最適採材の結果をどう造材者に伝えるかという仕組みが必要である。
山口県	• 地上レーザ OWL とドローンレーザの使い分けについて整理して欲しい。 • 地上レーザによる採材シミュレーションについては、例えば木の中心部が腐っていると、少し上で採材するなどもあり、完全に一致することはないので、実用上のレベルで検討して欲しい。 • 地上レーザ OWL を利用する際は、プロットになると思うが、必要なプロットサイズ、プロット数についても検討して欲しい。
熊本県	• 実証地の詳細情報、皆伐で市場に出した量などの結果も示して欲しい。 • 地域特性として皆伐の多い林業地である、地籍調査が完了しているという利点があるので、実際の伐採量と航空レーザ計測との比較、森林所有者向けの情報提供など、特性を活かして進めて欲しい。
全体について	• コスト削減の算定の結果、さらに削減額がどういう配分で、例えば森林所有者に還るのか、システム維持費、再造林費に使われるのか、などについても検討して欲しい。 • 計画立案、見積の段階については様々な取組みが進んでいるが、これから林業労働者が減っていく中、生産性を上げていかなければいけない。現場の生産性、安全性の向上についての取組にも力を入れて欲しい。

(2) 現地実証における指導・助言

1) 和歌山県

紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会へは、高橋委員と事務局から表 2-6、図 2-2 のとおり現地において指導・助言を行った。10 月 24 日は、協議会からの概要説明、意見交換及び現地視察が行われた。25 日は、高橋委員の講演会及び意見交換が行われた。2 日間にわたり多くの参加者を集めて活発な議論が交わされた。

表 2-6 和歌山県における指導・助言の概要

年月日	打合せ概要	協議会	事務局	技術委員
令和元 (2019)年 10 月 24 日	和歌山県のスマート林業の取組について、紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会事務局からの説明、意見交換及び素材生産・仕分け・直販土場の視察	県庁：3 日高川町：2 印南町：1 県日高振興局：4 森林組合・他企業：17 合計：27	住林：3	高橋委員
令和元 (2019)年 10 月 25 日	協議会に向けて「県産材木材流通改革としての SCM の構築を目指して（群馬県森連の取組）」について講演及び AR 技術の検討、意見交換会	県庁：3 日高川町：4 印南町：2 県日高振興局：5 田辺市：1 森林組合・他企業：22 合計：37	住林：3	高橋委員



▲概要説明及び意見交換の様子①



▲概要説明及び意見交換の様子②



▲一貫作業システムによる素材生産現地①



▲一貫作業システムによる素材生産現地②



▲直送仕分け土場①



▲直送仕分け土場②



▲川中・川下部門にかかる意見交換



▲高橋委員による講演

図 2-2 和歌山県における指導・助言の様子

「紀中地域林業躍進プロジェクト」に関する概要説明では、進捗状況及び今後の予定について、県日高振興局小山氏より説明があった。

「紀中地域林業躍進プロジェクト」川上部門にかかる意見交換では、「自動丸太検知アプリ iFOVEA Pro」の技術紹介と、高性能林業機械造材支援システム（最適採材）、架線系施業支援システム、林地残材の利用促進について検討を行った。

また、主伐から造林まで連続して実施する一貫作業システムを行う素材生産現場の現地視察を行った。当該地は販売促進モデル区域で、全体で 14ha の一貫作業システムを行っ

ており、急峻な地形も含まれることから架線系と車両系をあわせて施業を実施していた。

視察を通じて、仕分けの現状についてや、架線系施業地は苗木や獣害対策資材の運搬に架線を利用して運搬コストの削減等の省力化を図っていること、直送仕分け土場では紀中森林組合員が材の仕分けができるよう原木市場（西牟婁共販所）の担当者による指導・研修を実施していること、などの説明が行われた。

さらに、川中・川下部門にかかる意見交換では、音声入力可能な原木検収ソフト「きこりくん」（山秀情報システム株式会社）の紹介、AR 技術の紹介、需給マッチングに関する意見交換が行われた。原木検収ソフトについては、原木市場などの現場で音声を含めたデータ登録や送信ができること、入力ミスが少なくなる工夫がなされていることなどが評価された。

最後に、高橋委員より、群馬県産材 SCM クラウドシステムの試行構築についての講演を行った。需給マッチングの詳細について活発な質疑応答が行われた。

なお、指導・助言のポイントは表 2-7 のとおりである。

表 2-7 和歌山県における指導・助言のポイント

実証項目	指導・助言のポイント
高性能林業機械（自動採材）、造材支援システムについて	・ 採材精度が高いわけではないため取引への活用はハードルが高いのではないかと。ただし、リアルタイムで生産性を把握することで業務改善、需給マッチング、直販を目的とするのであれば導入意義があるだろう。 ・ 採材法を変えることで利用率を高める手段をとっている地域もある。また、林地残材については運送時の積み方を工夫し、枝葉による空隙をなくすことも検討に入れていくと良い。
現地視察について	・ 林地残材の取扱いについて、群馬県ではチップパーを現場に運び入れるのではなく、トラックの荷台（箱）だけ山土場に設置し、端コロ等がたまればチップ工場まで運搬する。 ・ ドローン調査結果、現地調査結果、実際の出材量の実績比較を行うと良い。 ・ 直送仕分け土場について、年間取扱量が少ないと効果も低い。最低でも取扱量が年間数万 m^3 程度を目指す必要がある。
原木検収ソフトについて	・ 数千 m^3 であれば人力検収で十分と考える。事業地確保及び出材量の増加が期待されるのであればスマート林業として大きな意義がある。
需給マッチングについて	・ 流域内での扱いが困難であれば流域外にも出材することも考慮していく必要があるだろう。A、B、C 材ごとにサプライチェーンを考えていく必要がある場合もある。 ・ 群馬県内では、素材生産量の増加を政策として目指しているが、並行して流通にも注力が必要。工場が容量オーバーを起こし、需要が供給に追いつかない状況もありうる。紀中流域では B、C 材の販売先となる県外の情報もサプライチェーンの中で管理していく必要がある。
取組全体について	・ スマート林業は、再造林や森林整備事業、労働安全など森林管理を行う上での幅広い業務への展開に期待が寄せられている。ツールにのみ目を向けるのではなく、ニーズから検討する必要があるのではないかと。

2) 福島県

いわき市持続可能な森林・林業推進会議へは、高橋委員と事務局から表 2-8、図 2-3 のとおり現地において指導・助言を行った。12 月 2 日は室内において協議会を開催し、協議会の委託先であるパンフィックコンサルタンツ株式会社、高橋委員からの講演、意見交換を行った。12 月 3 日は現地において GNSS の受信状況の確認、認証材の取扱い、需要に関

係する事業者の視察を行った。

表 2-8 福島県における現地指導・助言の概要

年月日	打合せ概要	協議会	事務局	技術委員
令和元 (2019)年 12月2日	・いわきの現状（協議会） ・地域版森林クラウド（パシフィックコンサルタンツ株式会社） ・群馬県の事例（高橋委員） ・意見交換	県いわき農林事務所：2 磐城森林管理署：1 常盤林業：1 いわき市森林組合：3	日林協：2	高橋委員
令和元 (2019)年 12月3日	現地視察（境界明確化GNSS 実証現場、遠野興産岩石工場、木材流通センター、荒川材木店）	パシフィックコンサルタンツ：5 協議会事務局：1 合計：13	日林協：2 住 林：1	



図 2-3 福島県における指導・助言の様子

高橋委員からは、群馬県では県森連が県全体の素材生産、需要のネットワークセンターとして全体統括をしていることが紹介され、輸送の効率化を目指す、いわき市持続可能な森林・林業推進会議にとって参考となった。素材生産の現場から製材工場等への直送は輸送コストの削減になるが、一方で与信管理や協定価格の決定などの商流において市場の役割は必要不可欠であり「物流は直に行い、商流は市場で行う」という考えが示された。

パシフィックコンサルタンツ株式会社からは、別途福島県が取得した航空レーザ計測による地形データなどの情報共有基盤として、森林クラウドの機能の紹介があった。

群馬県では県内の作業システムに大きな差はなく、県森連が全県をつなぐことができているが、福島県では地域差が大きいことから、いわき地域に合った仕組みづくりを考える必要がある。そのため、責任を持って全体統括する主体が誰であるのか、構築する情報共有基盤（森林クラウド）の管理主体が誰であるのかを明確にする必要がある。

現地視察においては、林内での準天頂衛星みちびきの GNSS サブメータ補正情報は、受信できていない状況であった。天頂に衛星があることにより、今後どの程度位置精度が向上するかの検証は可能である。

木材流通センター、その他需要先の視察も行った。この中で、来年度以降に、輸送経費の削減を検証するためには、各事業者間における認証材の輸送コスト、輸送量等の現状調査が必要であると指摘した。

現地における指導・助言のポイントは、表 2-9 の通りである。3 年目の実証項目である輸送・加工の効率化が、いわき市持続可能な森林・林業推進会議の最終目標であることから、初年度から、地域の事業者の合意形成や現状調査が必要である。

表 2-9 福島県における指導・助言のポイント

実証項目	指導・助言のポイント
G 空間情報の活用	- 林内における準天頂衛星みちびきの GNSS サブメータ補正情報の受信が難しいことも一つの成果として良いが、林内で受信するための工夫を検討する必要がある。 - 情報共有基盤（森林クラウド）は、事業の継続のため、管理運営の主体が誰であるかを明確にする必要がある。
輸送・加工の効率化	- 令和 3(2021)年度の実証項目であるが、今年度のうちから認証材の輸送コスト、輸送量等の現状調査が必要である。 「物流は直に行い、商流は市場で行う」など地域の関係者の合意形成が必要である。
取組全体について	森林組合長を中心に地域の合意形成が進んでいる点は非常に評価できるが、現場、若手への浸透を進める必要がある。

3) 熊本県

球磨地区中央林業活性化協議会へは事務局から表 2-10 のとおり現地において指導・助言を行った。

表 2-10 熊本県における指導・助言の概要

年月日	打合せ概要	協議会参加者	普及展開事業参加者	検討委員
令和元 (2019)年 12月11日	地域協議会と今年度の事業内容・進捗確認	市農林整備課：5 鹿児島大学：寺岡教授	住林：2	－
	人吉素材流通センターへヒアリング	人吉素材流通センター：1 市農林整備課：2		
	くま中央森林組組合ヒアリング	くま中央森林組合：1 市農林整備課：1		

協議会においては、林業事業体などに航空レーザ計測データ活用のための説明会を行っているが、くま中央森林組合以外に活用に積極的な事業体が少ないとの課題が示された。また需給マッチングの円滑化については、航空レーザ計測データをベースに、人吉市市有林で山土場からの直送について実証するため、販売委託契約をくま中央森林組合と締結している、という説明があった。さらに、森林情報の高度化・共有化については、熊本県の森林簿と航空レーザ計測データに乖離がある中で、森林経営計画の伐採計画作成においては航空レーザ計測データと森林簿を併用しなければならない、複雑化しているという課題が示された。

表 2-11 熊本県における指導・助言のポイント

実証項目	指導・助言のポイント
航空レーザ計測データを活用した施業集約化の効率化	・ 素材生産事業者の立木購入・素材生産の効率化だけでなく、森林所有者が立木を高く販売することもスマート林業の目的である。素材生産事業者の立木購入にかかる実務利用だけでなく、素材生産業者の見積が適正か判断するために航空レーザ解析データ（蓄積量、本数など）を森林所有者が閲覧できる仕組みを作ることも取組まれてはどうか。 ・ 森林所有者が自身の所有森林の情報を閲覧できれば、需給マッチングにもつながる可能性がある。 ・ 立木販売を行う森林所有者が、データを活用した場合の効果を金額で示すのは難しいと思われるが、データを活用して立木を高く買ってもらえるようにする、1社ではなく複数の事業体が競争して高く買うようになることが期待される。
需給マッチングの円滑化	・ 直送した場合の成果を事業体などに示す必要がある。 ・ 直送は仕分や寸検にかかる品質の確保などが必要となってくるため、ICTを使えば直ぐにできる訳ではないということを留意しておく必要がある。 ・ 人吉素材流通センターでは長尺の特殊採材（4m30cm、4m50cm、4m70cm、5m、6m など）も取り扱っており、需要情報が素材生産者と共有できれば効果が高いと考えられる。
取組全体について	・ 本事業の検証について、システム等のメーカー等が検証するのではなく、協議会や研究機関が取組むべきである。協議会委員である鹿児島大学寺岡教授とも相談して進めて欲しい。 ・ 本事業は、4市町村の取組を他地域に水平展開していくことも目的であるため、熊本県と連携して、球磨流域、熊本県、周辺他県へ広げることも検討する必要があるのではないか。

3章. ICT 等先端技術の活用手法

3.1. 様々な分野における技術

「スマート林業」の実現に資する ICT 等の先端技術、林業の各作業工程において効果的に活用できる ICT 等の先端技術の組合せについて、第 4 章で報告する地域協議会の取組が少ない分野を中心に紹介する。それぞれの分野の概要と必要性について表 3-1 に示す。

表 3-1 本章で取り上げる技術分野

技術分野	概要・必要性
森林域における通信技術の応用	森林域は通信ネットワーク環境が脆弱であるが、通信技術を活用することで、林業の生産性向上や従事者の安全管理、獣害対策等に効果のあるリアルタイムのデータのやり取りや、AI などリアルタイムでクラウド上で情報処理が必要な技術の導入が可能となる。 平成 30(2018)年度事例集では LPWA など新しい通信技術を紹介したが、今年度はそれらの技術を森林域で応用している事例を紹介する。
造林に関する技術	造林分野は、林業全体の中でも機械化や ICT 技術の導入が遅れている分野であると言え、今後の積極的な取組が必要となる。特に傾斜地での重労働を代替する技術開発が必要であるため、取組を推進するための制度の改正、異分野からの技術導入も必要となる期待される。ハード面のみならず、制度、ソフト面での取組も紹介する。
素材生産に関する技術	高性能林業機械の導入は進んでいるものの、今後は、取得できるデータの活用や、日本の林業現場に適したシステムの開発が必要である。現在開発中の技術と、労働災害削減を目的とした技術を紹介する。
需給マッチングに関する技術	需給マッチングは、ICT 技術の導入のみならず、川上の素材生産者から川中・川下の原木市場、需要者等まで幅広い関係者の合意形成が必要となる。地域協議会でも今年度から取組が本格化しているとともに、他の林野庁補助事業での取組も始まったことから、他事業の事例を紹介する。

3.2. 森林域における通信技術の応用

3.2.1. LPWA 及び衛星回線を活用した林業安全管理システム

(1) 技術概要

林業における労働災害は、長期的には減少しつつあるものの、発生率で見ると他産業に比べ、依然として高い状態が続いている。中でも死亡災害が毎年一定程度発生しており、林業従事者の確保に始まる森林経営における大きな課題となっている。重篤化しやすい原因として、機械化の推進等により単独での作業が増加しているため、労働災害が発生しても事故の発見が遅れること、森林内は携帯電話等ネットワーク通信圏外での作業が多く、救急の要請に時間を要してしまうこと等があげられる。

こうした課題に対処するため、プラムシステム有限会社では、通信圏外でも災害の発生を早期に伝達する「林業安全管理システム」の構築を進めてきた。本システムでは、まず、低速・低容量である一方、少ない消費電力で長距離通信が可能な LPWA (Low Power Wide Area) を活用し、通信圏外である森林内において災害などが発生した場合に、作業員同士で迅速に発生情報を共有できる、IoT 森林安全装置「キツツキハンマー」を開発した。本装置は、ヘルメットに装着する子機と親機により構成され、子機を装着した作業員が、斜面転落や伐倒木にぶつかるなど強い衝撃を受けた場合に、LPWA (本装置では無線免許が不要な LoRaWAN 規格を採用) を利用して自動的に親機及び他の子機に緊急通報を行う。子機への通報はチェーンソー使用などの騒音環境下でも感知できるよう、子機が発生する音と振動 (キツツキのようにヘルメットを叩くことが装置名の由来となっている) の両方で行う。

さらに、衛星電話を活用することにより、親機に届いた緊急通報をネットワーク通信環境下にある森林 GIS「森林 ICT プラットフォーム」に伝達するシステムを開発している。本システムにより、事務所等の遠隔地において、位置情報付きの緊急通報を認知することが可能となり、迅速な救急活動を行うための基盤が構築されることとなる。

(2) 実証事例

実際に携帯電話のつながらない森林内での LPWA (LoRaWAN 規格) の通信状況について、これまでにいくつかの地域で実証を行っている。実証の結果としては、親機－子機間が約 700m 程度であれば LPWA による通信は概ね良好であった。間に尾根を挟むような位置関係であると通信距離が短くなる一方で、見通しが良ければより長距離の通信も可能となった。実際に、間伐や保育などの林内作業を作業員同士が離れて行う場合でも、数百 m 程度が一般的であるため、実際の作業環境において LPWA は有効に機能すると考えられる。

また、これまでの林業労働災害事例を見ると、昼休憩や終業時に作業員の不在に気づき、被災に気づいたという事例が年に数件確認されている。LPWA を用いた本システムの活用により、異常事態が素早く他の作業員に認知されることが可能となり、発見の遅れに起因する被害の重篤化を防ぐことができる。

(3) 製品名・価格

LPWA による通信のみを利用した「キツツキハンマー」については、令和 2(2020)年 1 月に製品化されたところである。

製品名：キツツキハンマー

販売元：プラムシステム有限会社 <http://www.plum-syst.com/>

〒103-0027 東京都中央区日本橋 2 丁目 1-17 丹生ビル 2 階 (TEL : 090-3594-1336)

本体価格：製造販売元へ問い合わせ

さらに、衛星電話を活用して、森林 GIS「森林 ICT プラットフォーム」と連携させたシステムについては、今後の製品化に向けた検討を進めている。本システムが実用化されれば、林業労働災害の減少により労働環境が改善され、新たな林業労働力確保への貢献も期待される。

また、本取組は林業労働安全に着目したものであるが、LPWA、衛星電話を活用した森林内通信環境の整備、GIS との連携は、これまで通信圏外にあった森林内における ICT・IoT 活用の基礎的インフラとして、作業員の日報管理や森林情報の収集など、今後、林業における様々な分野への応用が期待される。



図 3-1 「林業安全管理システム」概要図



図 3-2 「林業安全管理システム」装置一式

3.2.2. 長距離無線システムを用いた獣害対策

(1) 技術概要

全国的に喫緊の課題であるイノシシやシカによる農林業の獣害対策として行う捕獲罠の見回りの負担を軽減するため、捕獲罠にイノシシやシカがかかったことを自動で通知するIoTシステムの導入が進んでいる。森林内では携帯電波が届かないため、通信システムの確保が必要である。捕獲通知システム「オリワナシステム」は独自通信規格（陸上移動局無線）を利用したシステムである（図 3-3）。

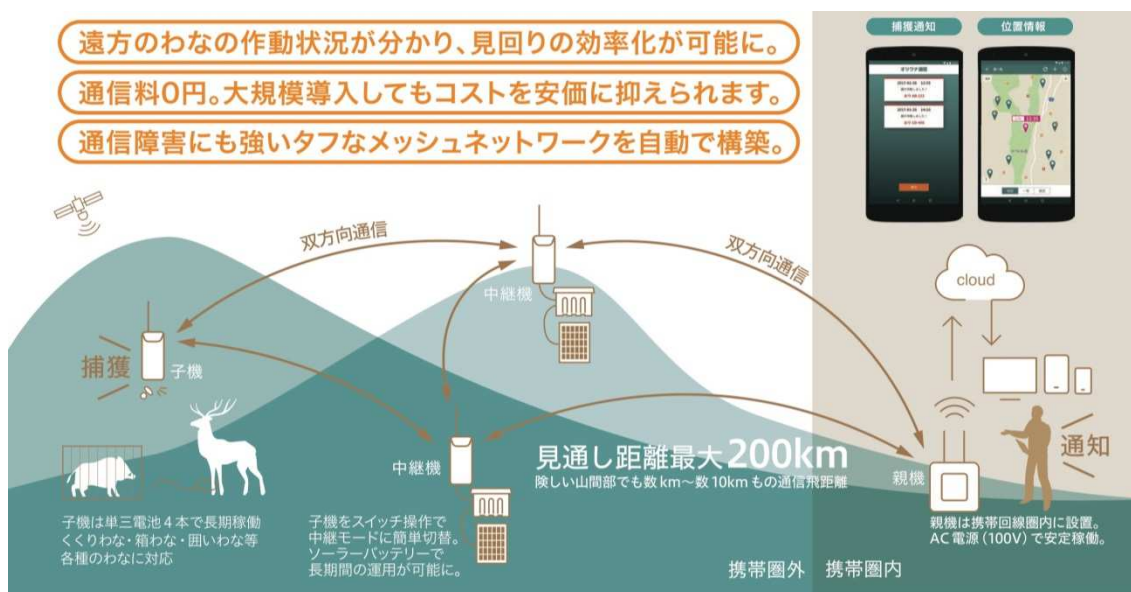


図 3-3 捕獲通知システム「オリワナシステム」

平成 28(2016)年の開発当初は、LPWA 無線の 1 種である LoRaWAN を通信規格として選び、獣害対策が必要な中山間地域で実証実験を開始したが、同規格は電波の出力が 20mW 迄（特定小電力無線）で、携帯回線や衛星通信も届かないような山深い場所、谷筋など地形的に条件の厳しい山間部では電波の到達距離がとても短く、獣害対策用途としては実用的ではなかった。そのため、出力が 250mW までと強く、届出免許で利用可能な独自通信規格（陸上移動局無線）に切り替えて開発した（図 3-4）。主な技術概要は以下のとおりである（表 3-2）。

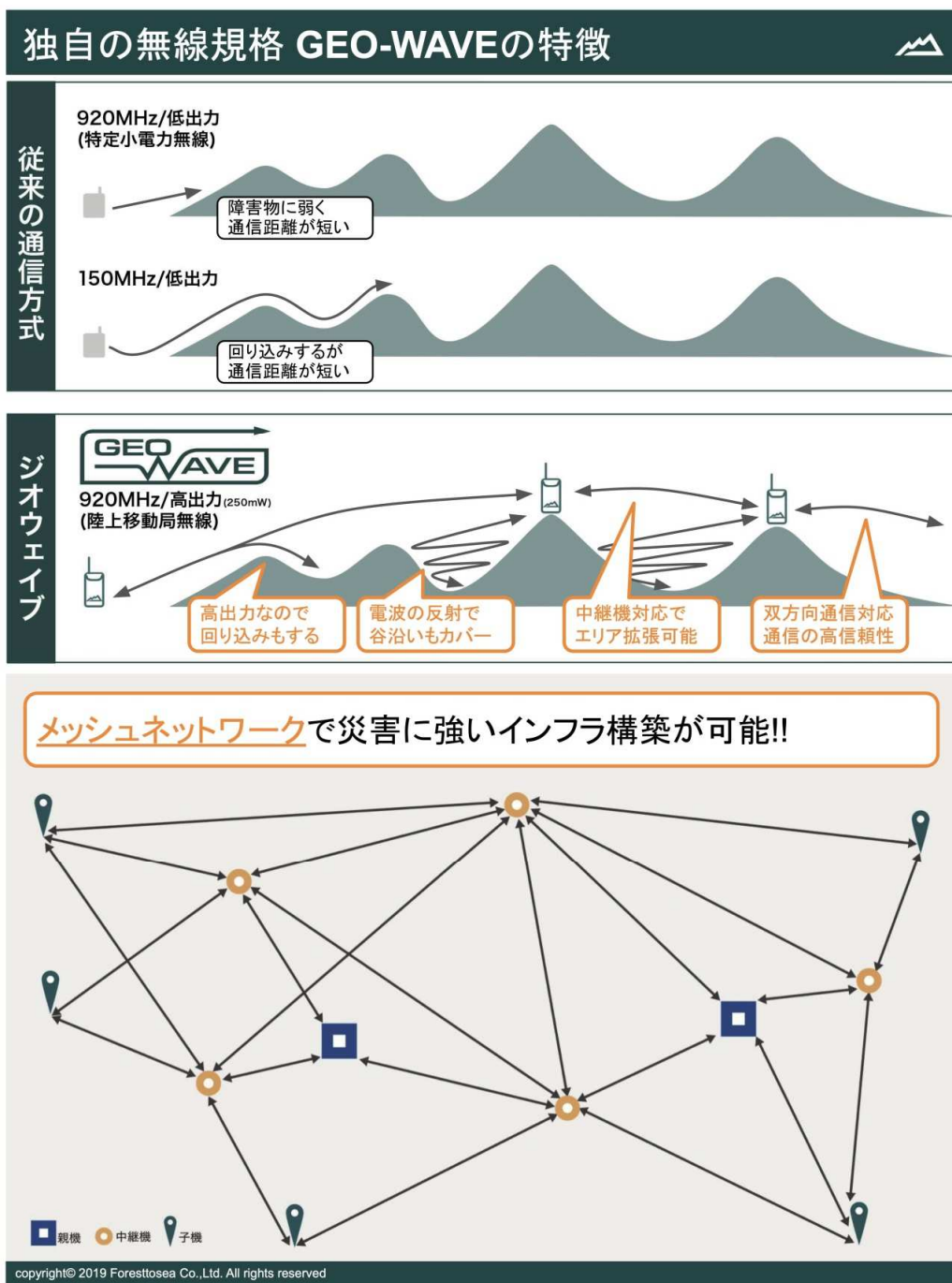


図 3-4 独自無線規格 GEO-WAVE の特徴

表 3-2 主な技術概要

子機（中継機兼用）の基本仕様	・単三電池 4 本で稼働期間約 6 ヶ月 ・みちびき対応 GNSS 受信機搭載 ・マグネットセンサー（罾と物理的に紐付け作動を感知） ・LED による電波強度・電池残量確認機能（携帯圏外でも子機本体だけで確認可能） ・結露防止プロテクティブベント ・防水防塵・耐候性仕様
通信距離が長い	・無線の規格は LoRa 変調波の送信出力を 250mW まで高めた LoRa プライベート規格であり、独自チューニングにより見通せる場所同士であればワンホップで通信距離が 200km に達する ・山間部の見通しが効かない悪条件下においても、回り込み・反射という電波特性により、数 km～数十 km という距離感で通信できる実用性も特徴
筐体（きょうたい）、アンテナが小型	・920MHz 帯のため子機（中継機兼用）の筐体及びアンテナは非常に小型で、中継機用の外付けソーラーパネル及びバッテリーも非常にコンパクトなため設置時でも大掛かりな工事が不要で、立木や柱、防災無線鉄塔など場所を選ばず容易に設置可能 ・そのため、自治体や森林管理署の担当者、猟師などの利用者でも子機・中継機の設置場所を簡単に変更可能
子機が中継機に早変わり	・罾に連動させる子機は、切替えスイッチで中継機モードに変更可能 ・予備の子機を中継機に切替え、携帯回線や衛星通信も届かないような谷筋でも、その谷筋を見通せる山頂などに設置することによって容易に通信エリアを拡張することが可能
中継機によるマルチホップ／リルート機能	・中継機を介したマルチホップ通信に対応し、通信経路を自動最適化するリルート機能も備わっているため、災害・悪天候などの通信障害にも強いメッシュネットワークインフラを低コストで実現でき、全町や全市レベルの広範囲な通信インフラ構築が可能 ・通信インフラ構築事例：福島県 石川郡（456.52 km²/中継機 6 台）/京都府 京都市（827.8 km²/中継機 5 台）
双方向通信による高い信頼性	・双方向通信に対応し、子機からの「上り通信のみの一方通行」な他規格とは異なり、最終的にクラウドサーバにつながる親機からの応答を下り通信で受け取るまで子機は定期的に送信を続けるため、重要な捕獲通知情報などが確実に届く仕様 ・また、応答があり次第子機は送信を止めるため、電池消耗の抑止にもつながり、電池交換の作業負担や費用負担を軽減。
通信料無料	・トランシーバーと同じように通信料を無料に設定 ・そのため、ランニングコストの低さが好評
クラウド・アプリ完備	・子機のマグネットセンサー発報情報に加え、GPS による位置情報、電池残量や子機中継機の電波強度や送信ルート、機器の異常通知などもクラウド経由で瞬時に共有 ・オフライン対応の Android 専用アプリも完備し、携帯圏外エリアでも利用が可能

(2) 実証事例

捕獲通知システム「オリワナシステム」は、全国で 65 地域以上において、約 1,500 機の子機と通信インフラによって、罾（特にくくり罾）の見回り負担の軽減に貢献している（図 3-5）。主な実証事例は以下のとおりである（表 3-3）。



親機

子機・中継機からの情報を集約。クラウド経由で、いつでも、どこでも、誰とも情報共有が可能になります。小型・軽量なので、ステンレスベルトや耐候性の結束バンドで簡単に設置可能。

- ・1chタイプの親機はLTE(携帯回線)でクラウドに接続。
- ・マルチチャンネルタイプの親機(兼中継機)はLTEに加え、Ethernet(有線LAN)にも対応。



図 3-5 機器 / システム設置事例

表 3-3 主な実証事例

林野庁関連 採用事例	四国森林管理局 檮原森林管理事務所 / 中部森林管理局 南信森林管理署 / 関東森林管理局 天竜森林管理署
自治体関連 実用事例 (代表地域)	北海道 紋別市 (830.7 km ²) / 青森県 田子町・三戸町 (393.8 km ² /子機 30 台) / 福島県 石川郡 5 町村の広域連携 (456.52 km ² /50 台) ・喜多方市・猪苗代町 / 富山県 南砺市 (668.6 km ² /子機 20 台) / 静岡県 伊豆市・御殿場市・熱海町 / 岡山県 美作市 (429.2 km ² /子機 50 台) ・真庭市 / 山口県 周防大島町 (138.2 km ² /30 台) / 京都府 京都市 (827.8 km ² /子機 100 台) / 熊本県 宇城市 (188.6 km ² /子機 50 台)
スマート林業モデル稼働予定 (令和元(2019)年初頭に稼働見込み)	愛媛県 久万高原町全域 (583.7 km ²) / 山梨県 小菅村・北都留森林組合 (52.78 km ²) ※オリワナシステムによる獣害対策以外にも、林業従事者の安全確保や作業効率化などを目的として開発中の新製品 (詳細後述) を用いたスマート林業モデルの実証を上記地域において予定

(3) 製品名・価格

製品名：オリワナシステム

販売元：株式会社フォレストシー (里山通信) <https://satoyama-connect.jp/>〒135-0022 東京都江東区三好 3-7-11 清澄白河フォレストビル TEL：03-5245-1511
捕獲通知システム「オリワナシステム」の製品価格は以下のとおりである (表 3-4)。

表 3-4 捕獲通知システム「オリワナシステム」の製品価格 (全て税抜価格)

親機	149,800 円/台 (通信費用：月額 1,000 円/台)
子機	44,800 円/台 (クラウド利用料：月額 300 円/台)
中継機	子機をモード切り替えして使用のため、子機と同額
中継機稼働用ソーラーパネル + バッテリー	89,600 円/セット
現地調査+設置サポート + 保守管理料	平均 30～50 万円程 (導入地域と規模による)
電波使用料 (920MHz/250mW の 陸上移動局として総務省に納付)	年額 400 円/1 台 (初年度のみ 2,900 円の申請費用を納付/5 年有効)

また、捕獲通知システム「オリワナシステム」の実績と技術を活かし、林業の安全確保やスマート化を支援する関連製品として、携帯圏外においても SOS 発報とグループ間でのチャットコミュニケーションが可能となる端末 (ジオチャット/GeoChat) や、多種多様な端末を同時に処理することが可能な新たなマルチ回線対応の親機・中継機 (ジオベース/GeoBase) を一部法人向けに販売を開始している。さらに、捕獲通知の錯誤捕獲対策として「携帯圏外から QVGA 程度の低解像度写真を送る」カメラ (ジオカム/GeoCam、図 3-6)、脈拍・体表面温度の健康管理や作業員同士の接近、重機との接近警告 (ジオバイタル/GeoVital)、その他に各種の防災用センサーや農林業支援用の遠隔監視・制御端末なども開発中である。



図 3-6 ジオカムによる実際の送信画像【240×160 ピクセル、約 10KB】
(左：積雪前の林内、右：積雪後の林内)

3.3. 造林に関する技術

3.3.1. 苗木生産用種子の選別技術

住友林業株式会社 筑波研究所資源グループ

チームマネージャー 角田 真一 氏

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

植物生態研究領域 樹木生理研究室長 飛田 博順 氏

平成 26(2014)年から平成 30(2018)年の一連の研究プロジェクトにおいて、発芽率の低いとされる主要造林用樹種（カラマツ、スギ、ヒノキ）の種子について、近赤外光の反射率を元にした充実種子の判別技術を開発した後、この技術を実装する充実種子自動選別装置の開発に取組み、平成 31(2019)年 4 月から受注販売の開始に至った。この充実種子の判別・選別技術は、使い方次第で、これまでの苗木生産に革新をもたらし得るものと期待する。

(1) 技術概要

1) 充実種子判別技術

スギやヒノキ、カラマツの種子の発芽率は、一般的に低いことが知られている。発芽可能な充実種子は、胚乳部に脂質成分を蓄積している。一方、発芽能を欠いた不稔種子には、子実の一部ないし全部を欠いた種子（シイナ）や、脂質に代わり褐色のタンニン様固形物が詰まった種子（シブダネ）がある。シブダネは、粒の大きさや比重などが充実種子と類似しているため、篩選（しせん）や風選、水選といった従来の選種法では充実種子と区別することは難しい。以上から組成分析法である近赤外分光法を適用することにより、充実種子を精度よく判別する技術を開発した。具体的には、近赤外領域の脂質成分に相当する部分の反射スペクトルの波形の違いを指標化することで判別を行う（参照：松田ら 2015, 2016（図 3-7）。この技術により、適切に管理された種子（休眠や劣化をしていない種子）であれば 90%以上の発芽率となる種子を判別することが可能となった。なお、この開発は、九州大学、住友林業株式会社、森林総合研究所の三者で行った。

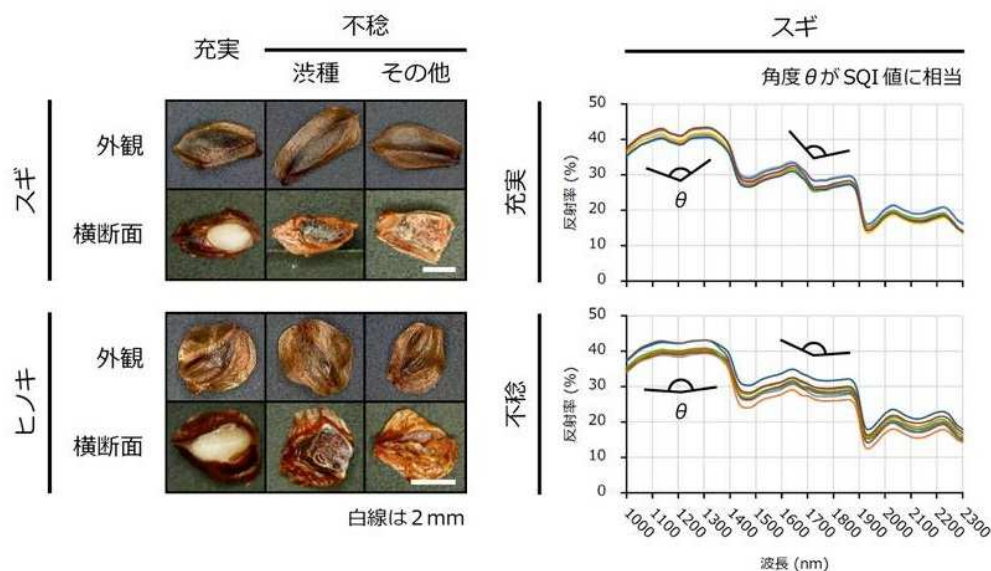


図 3-7 スギ、ヒノキにおける充実種子、不稔種子の外観と内部構造（左図）とスギの充実種子及び不稔種子における近赤外領域の反射スペクトル（右図）（「新しいコンテナ苗生産方法の提案」より引用）

2) 充実種子選別装置の開発

この充実種子を判別する技術を用いて充実種子選別装置が開発された（図 3-8）。種子選別は、投入、搬送、判別、回収の各工程を経て行い、ハロゲン光源を照射し、近赤外分光器により充実種子または不稔粒の判定を行う。処理速度は 1 秒間に 3 粒から 4 粒である。なお、この装置の開発は、充実種子判別技術を開発した三者と九州計測器株式会社で行った。



図 3-8 開発時の充実種子選別装置（「新しいコンテナ苗生産方法の提案」より引用）
（左図）と種子選別機の概念図（右図）

(2) 実証事例

近年生産量が急増しているコンテナ苗の生産は、一般的には、苗畑で一年間育てた一年生幼苗を育苗容器に移植する方法で行われている（従来方式）。これまで発芽率の低さのために実施できなかった、一粒播種によるコンテナ苗の生産が、今回の選別技術の開発により可能となった。コンテナ苗を育成する容器に直接一粒を播種する育苗方法（一粒直接播種）だけでなく、農業でよく利用されている多孔のプラグトレイに一粒播種し、発芽した毛苗をキャビティに移植するという方法（小型プラグ苗移植【プラグトレイ播種】、移植方式）も、より効率的に行うことができる。（表 3-5、図 3-9）

表 3-5 従来方式との比較

育苗タイプ	播種	幼苗育苗期間	移植	補植間引き	全育苗期間
1年生幼苗移植 （従来の方法）	未選別種子を苗畑へ多粒播種	苗畑 1 年	1 年生幼苗をコンテナへ移植	補植	2 年～
一粒直接播種	選別種子 1 粒をコンテナへ播種	—	なし	補植	1 年～
毛苗移植 プラグトレイ播種	選別種子 1 粒をプラグトレイへ播種	1 ヶ月～	小型プラグ苗をコンテナへ移植	補植	1 年～
毛苗移植 市販プラグ苗購入	選別種子 1 粒をプラグトレイへ播種	発芽済みプラグトレイを輸送	小型プラグ苗をコンテナへ移植	補植	1 年～

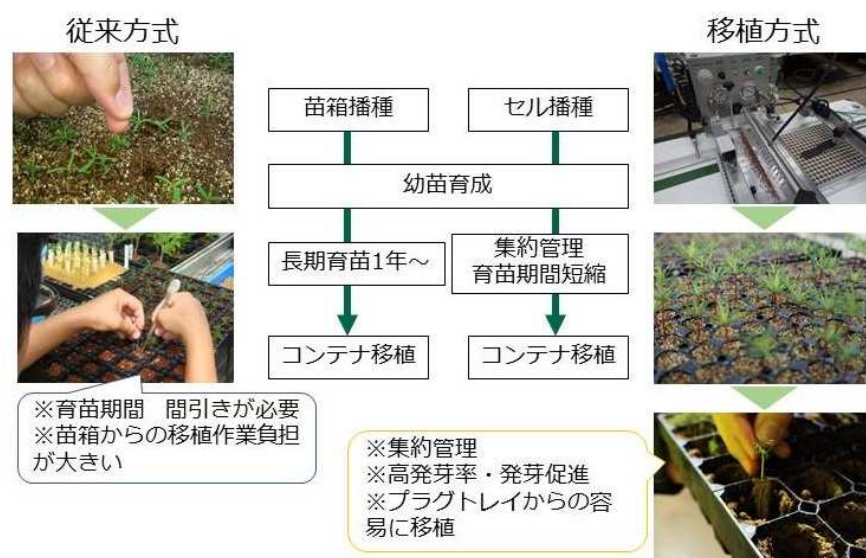


図 3-9 従来方式と移植方式

上述のように、充実種子選別装置は発売されたばかりであり、これから実用されるところである。本開発装置で選別した種子を用いて年間生産本数を 1,000 千本と想定し、従来方式と移植方式を比較コスト試算した結果を表 3-6 に示す。

表 3-6 苗木生産 1,000 千本／年を想定した場合の播種～移植工程のコスト試算
(角田 (2019) より引用)

	項目	従来方式	移植方式
生産能力	播種作業 (本／人・日)	—	81,920
	移植作業 (コンテナ数／人・日)	1,000	5,000
	必要稼働 (人・日)	1,000	210
生産コスト (千円)	労務費		
	播種工程	—	85
	移植工程	7,000	1,400
	材料費	0	1,172
	設備償却 (自動播種機)	0	454
合計 (千円)		7,000	3,111
	苗木コスト	7.0 円／本	3.1 円／本

※機械設備費用は、318 万円の自動播種機に対して 7 年定額償却として計算

※人件費は、7,000 円／人・日として計算

※播種作業は、512 穴プラグトレイに播種する作業時間をもとに試算

※培地充填作業は、BCC 社製コンテナ (77 穴) を使用する条件で計算

森林技術 N0.924 2019.3

生産コストを見ると、従来方式では、播種作業の手間はないものの、移植作業に多くの労務がかかっている。移植方式では、播種作業労務がかかる一方、移植作業が従来方式の約 5 分の 1 となった。表-1 から従来方式は、発生コストのほとんどが「労務費」であり、量産効果が発揮できない構造であることが示された。移植方式では機械償却費・資材費等がかかるが、量産効果により、苗木 1 本あたり 3.9 円削減できることがわかった。

(3) 製品名・価格

製品名：充実種子選別装置 Ellie（エリー）
本体価格：製造販売本（九州計測器株式会社）へ問い合わせ
〒812-0015 福岡県福岡市博多区山王 1-6-18
(TEL：092-441-3200、FAX：092-441-3264)

参考資料

森林総合研究所（2019）新しいコンテナ苗生産方法の提案．34
飛田博順（2019）コンテナ苗の育苗技術の現状と課題．山林、1624:62-69
Matsuda et al. (2015) PLoS One; 10(6): e0128358.
松田修（2015）樹木種子の発芽率を向上させる新しい選種技術の開発．山林、1577:28-35
松田修、原真司、飛田博順、宇都木玄（2016）高発芽率を実現する樹木種子の選別技術．森林遺伝育種、5:21-25
松田修、小川健一、飛田博順、岩倉宗弘(2019) 充実種子選別装置と高品質種苗の普及に果たすその役割．森林遺伝育種、8(4):183-187
角田真一（2019）苗木の生産技術確立の取組．森林技術、No.924:12-15

3.3.2. 林業用苗木運搬ドローン

(1) 技術概要

日本の森林の多くは主伐期を迎えており、平成31/令和元(2019)年には森林の管理を積極的に行うため、新たに森林経営管理法が施行された。森林の循環利用が求められている中で、主伐面積増加に伴う造林面積の増加が考えられる。一方、林業従事者数は長期的に減少傾向で推移しており、特に造林及び育林従事者は減少しており、従事者の高齢化も伴い担い手不足が問題となっている。加えて、造林現場では、1年を通じて生産できるコンテナ苗の普及が拡大しているが、裸苗と比べ、根鉢がある分重量が増し、人力での運搬可能本数に限りがある。また、急峻な造林現場では車両運搬ができず、人力運搬となるだけでなく、高低差があるため強度の労働が強いられる。

そこで、近年様々な分野で活用・普及が進む「ドローン」に着目し、林業における造林の省力化・効率化の実現を目指し、住友林業株式会社と株式会社マゼックス（農林水産航空協会認定国内ドローン製造メーカー）が共同で林業用苗木運搬ドローンの開発に取り組んだ。両社は、実際にドローンを必要とする森林の現場での実証試験を繰り返すことで、森林の厳しい気候や地形にも対応できるドローンを開発し、令和2(2020)年2月に株式会社マゼックスより販売を開始した。

(2) 技術内容

1) 苗木運搬ドローンの特徴

●特徴1

重労働であった苗木運搬を、ドローンで効率的に実施。1フライトで8kg（コンテナ苗40本～80本程度）の運搬が可能。ドローン苗木運搬は1人で操作可能であり、1時間で500本程度の運搬ができる。



図 3-10 運搬イメージ

●特徴 2

苗木の昇降は機体に取り付けられたウィンチによる上下作業によって実施。傾斜地や斜面に囲まれた森林では、機体が斜面に接触する恐れがあるが、ウィンチの上下動作によって、機体は安全な位置でホバリングした状態で苗木を降下できる。また、強風や突風があったときでも、ウィンチによって苗木が機体近くまで巻き上げられた状態で飛行することにより、安定した飛行を実現することができる。



図 3-11 傾斜地に囲まれた場所で苗木を下ろすイメージと風に吹かれた時のイメージ

●特徴 3

造林現場に到達し、苗木が着地したとき、専用フックにより、苗木の離脱を自動化。作業労務の軽減及び作業者の安全性を確保。



図 3-12 専用フックと苗木離脱の様子

●特徴 4

苗木運搬ルートを記憶させ自動飛行することでさらに省略化を向上。専用のソフトに出発地と目的地の情報を登録することで、離陸と着陸以外の飛行については、ボタン一つで自動で行うことが可能。苗木の運搬作業は、同じ場所に繰り返し荷下ろしを行うため、この機能を使うことで、省力的かつストレスフリーな飛行を実現できる。

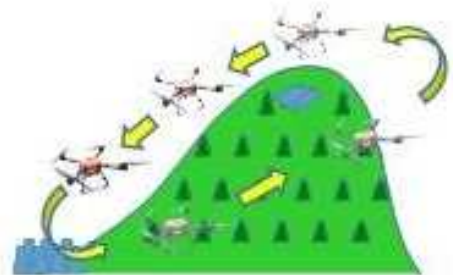


図 3-13 自動飛行イメージ

●特徴 5

荷下ろし状態は、モニターで確認しながら作業可能。1人で苗木運搬作業を行う際、ドローンに搭載したカメラで荷下ろしの状態を確認することによって、離れた目的地での確実な荷下ろしをサポート。

●特徴 6

安全安心のために、手動操作による緊急帰還や、機体を見失った事態を想定した備えがある。1つ目は、機体の色及びLEDライトの色を機体本体の前後で変えることで機体方向の把握が容易にできる。2つ目は専用ソフトで機体の現在位置が表示できる。

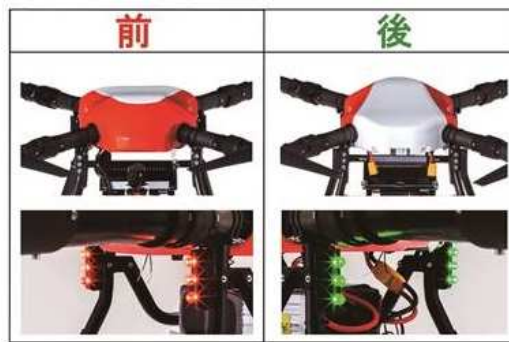


図 3-14 機体及び LED ライトの前後の色

2) 実証試験

主に平成 31/令和元(2019)年 3 月～9 月にかけて、住友林業四国社有林における皆伐後のコンテナ苗造林現場にて、約 20,000 本の苗木運搬を行い、機能の改良と運搬能力の実証とを繰り返し行ってきた。

人力による運搬と苗木運搬ドローンによる運搬能力の比較についても行った。使用した苗木はスギ及びヒノキのコンテナ苗で、1 袋 30～40 本の苗が収納されているネットをそれぞれ 1 日かけて運搬した。実施した結果を表 3-7 に示す。ただし、特に人力による運搬は施業地の形状や歩行ルート状況により結果が異なると推測されるため、参考値として示す。

表 3-7 試験結果

運搬方法	運搬時間 (分)	運搬重量 (kg/回)	運搬重量 (kg/時間)
人力運搬	78.0	13.5	10.4
苗木運搬ドローン	5.0	7.5	90.0

※現場条件：上荷作業（最大高低差150m）、最大水平距離400m（直線距離）

※運搬方法：【人力運搬】6名（1日6時間・休憩含む）

【苗木運搬ドローン】1名（苗木取付け含む）

表 3-7 より、時間当たりの運搬重量を人力運搬と苗木運搬ドローンとで比較すると、上げ荷作業では、苗木運搬ドローンの方が、約 9 倍の運搬能力があることが示された。同様に下げ荷作業を行った場合、この差は 4 倍になったことから、上げ荷の場合に、特に運搬効果を発揮できるものと考えられる。

(3) 製品名・価格

商 品 名：MORITO（森飛）

発 売 日：令和 2(2020)年 2 月 10 日

本体価格：268 万円（税抜）

受注目標：100 機/年

参考 HP：株式会社マゼックス HP（<https://mazex.jp/product/2030>）

問合せ先：

<製造・販売>

株式会社マゼックス 電話：072-960-3221 mail：sp@matuzx.com

<共同開発>

住友林業株式会社 資源環境事業本部 山林部 新居浜山林事業所

電話：0897-37-2017 mail：MIYAGI_masaaki@star.sfc.co.jp

3.3.3. ドローンを活用した森林整備事業（補助金）の申請・検査

(1) 技術概要

林野庁においては、森林整備事業(民有林、以下同)の申請・検査に関し、ドローン等の活用を進めていくこととしている。

森林整備事業は、植付や下刈、間伐などの施業や路網整備などを対象としており、平成29(2017)年度の実績は、人工造林 15,388ha、下刈 70,922ha、間伐 50,094ha 等となっている。

これらの施業が行われた施行地は、13 万 7,000 箇所となっており、補助の申請・検査の手続が関係者の大きな負担となっている。

一方で、森林・林業の現場においてドローンや航空レーザ・地上レーザの活用が進んできていることから、林野庁では、平成 31(2019)年 4 月から令和元(2019)年 7 月にかけて、都道府県・森林組合等の職員やドローン等の専門家等から意見を聴取し、これを踏まえ、森林整備事業の申請・検査にドローン等を本格的に活用していけるよう、通知類を見直し、令和 2 (2020)年度から施行していくこととしている。

(2) 実用事例

大分県と大分県森林組合連合会は、平成 30(2018)年度に、ドローンで撮影した画像による施行地の面積測定や施行状況の把握を試行した上で、ドローンの飛行方法や撮影方法等をまとめた「森林調査におけるドローン測量マニュアル」、森林整備事業の目視検査を補助するための「ドローンによる造林事業地確認ガイドライン」を作成するとともに、ドローンの導入も進めている。ドローンを使用した事業体からの申請はまだ事例が少ないものの、これまでの試行においては、県が行う現地検査時間について、表 3-8 のとおり、6 人の担当者それぞれで 34 日分の時間短縮が可能との試算もなされている。

表 3-8 大分県における取組の効果（業務時間の短縮）

1 カ所あたり検査時間の短縮時間	5.78ha（施行面積が拡大するほど時間短縮効果は増大） 約 30 分
年間短縮時間	2,028 箇所（H29(2017)年度検査面積 1ha 以上）× 30 分 = 1,014 時間 1,014 時間 ÷ 5 時間 = 203 日
年間労務縮減見込	203 日 ÷ 県現場担当 6 人 = 34 日/人 ⇒ 短縮時間の有効活用

※ 林野庁整備課「リモートセンシング技術の活用を前提とした造林事業の制度のあり方に関する第一回検討会」資料「造林事業申請及び件確認検査へのドローン活用について～大分県の事例報告～」
(大分県農林水産部森林整備室、平成 31 年 3 月) より

(3) 実現に向けて

林野庁では、森林環境保全整備事業の実施要領や検査内規例等の改正を表 3-9 のように進めている。

ここでは、ドローン等の単写真から生成したオルソ画像、GIS 上で測定した施行地のデータの提出を可能とするとともに、これらのデータの提出がある場合には、位置図・施業図、作業前・作業中・作業後の写真の提出が不用となる。

また、検査については、提出のあったオルソ画像・シェープファイル等により施行地の位置や形状・面積、施業の実施状況(植栽本数、下刈の状況など)を確認できれば、検査を完了させることを可能とし、これだけでは施業の実施状況が十分に確認できない場合には、これまでと同様、一定の割合で抽出した申請について現地に赴いて確認することとしている。このような申請・検査方法の導入により、前項の大分県の事例のような時間短縮のみならず、検査員の経験に依存しない客観的な検査の実現、申請データの施業履歴としての蓄積・活用、最終的には、補助金による森林整備に対する森林所有者・国民への説明責任の向上につながっていくことが期待される。

表 3-9 森林整備事業の申請と検査における新たな技術の活用

申請	・ ドローン・地上レーザによる撮影、オルソ化 ・ 地上レーザによる撮影、点群化 ・ GIS 等による施行地・除地の測定(シェープファイルの作成) ・ オルソ画像、シェープファイル等の提出
検査	① 提出されたオルソ画像等を用いてGIS等で検査(現地立会なし) ② GIS等の検査で問題があれば、現地を訪問して検査 ③ 検査項目 ・ 位置：GISにオルソ画像・シェープファイルを読み込んで確認 ・ 面積や除地：オルソ画像とシェープファイルを比較して確認 ・ 地拵・下刈：オルソ画像等で確認 ・ 植栽・伐採の本数、搬出材積等：オルソ画像で標準地調査 →現状の検査と同程度の精度を確保

※ 全国森林組合連合会全国代表者会議資料「森林整備事業の申請と検査のあり方」（林野庁整備課造林間伐対策室、令和元年9月）より(最新の情報に基づき一部更新)

ドローンを活用した森林整備事業の申請・検査の課題としては、表 3-10 に示す費用、人材育成、オルソ化処理時間などがあげられる。これらのうち、ドローン等の導入や試行的な画像解析等に対する補助や、ドローンの操縦や画像撮影・解析等に関する林業事業者向けの研修の開催などが予定されている。他方、技術的な課題については、クラウドサービスや画像解像度の向上に期待する部分も多い。

令和2(2020)年度より、森林整備事業の申請・検査へのドローン等の活用が本格化していくことが見込まれるが、補助金関係事務の効率化に加え、オルソ画像等のデータを活用した森林資源管理や森林施業の高度化、今後の技術向上による幅広い他分野への応用などにつながっていく可能性がある。

表 3-10 森林整備事業の申請と検査における新たな技術の活用の課題と対応方向

課題	対応方向
初期導入の費用負担が大きい。 (ドローン、地上レーザ機器、オルソ化ソフト、高性能パソコンなどの投資が必要。)	補助金等による支援を実施
人材育成が必要。 (ドローンのみならず、GIS等の関連技術も必要。)	補助事業による研修実施
ドローン撮影画像のオルソ化処理に時間がかかる。 (PCが稼働するのみで人の作業は伴わないが、申請・検査件数が多くなると制限要因になり得る。)	今後のPCやクラウドサービスの処理能力の向上に期待
大容量データの管理手法が未定。 (クラウド等でのデータ提出・管理が望ましい。紙書類に替り外付けHDDの提出では効率化とは言えない。)	今後の森林クラウド等でのデータ管理・共有に期待
オルソ画像からの判別が困難な事象もある。 (カラマツ植栽木、下層間伐など)	今後の画像解像度の向上、AIによる自動判別などの技術向上に期待

【参考資料等】

全国森林組合連合会全国代表者会議資料「森林整備事業の申請と検査のあり方」（林野庁整備課造林間伐対策室、令和元年9月）

林野庁整備課「リモートセンシング技術の活用を前提とした造林事業の制度のあり方に関する第一回検討会」資料「造林事業申請及び件確認検査へのドローン活用について～大分県の事例報告～」(大分県農林水産部森林整備室、平成31年3月)

「森林整備事業でのドローン等の活用について」(諏訪実、日本リモートセンシング学会誌、40(1), pp.26-31, 2020.)

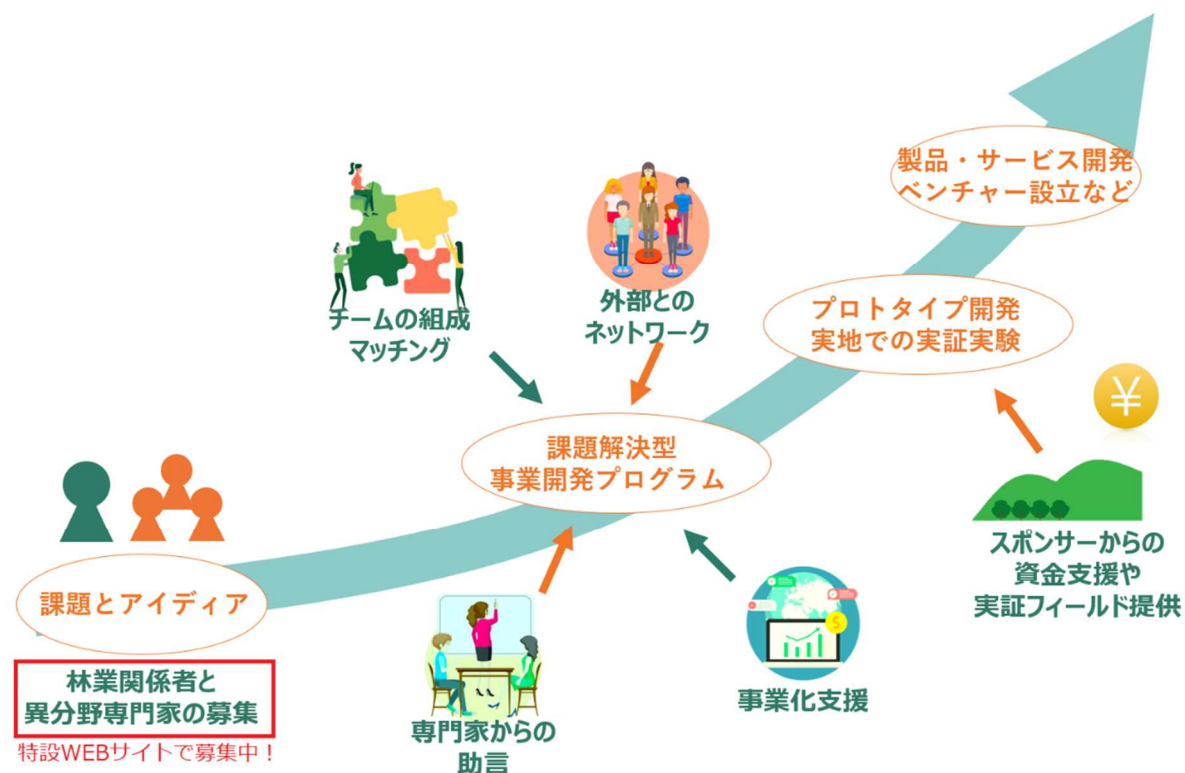
3.3.4. 持続可能な「造林」の実現

(1) 技術概要

平成 31(2019)年度、林野庁「平成 31 年度持続可能な森林づくりイノベーション創出事業」により、林業人材と異分野人材のオープンイノベーションによる課題解決型事業共創プログラム” Sustainable Forest Action” が実施された。

この”Sustainable Forest Action” は、植栽・下刈り等の「造林作業」が急斜面・炎天下での過酷な作業となっており、担い手不足も深刻化してきている中、「造林」の課題解決をテーマとして、林業現場を知る林業人材と、独自の技術やノウハウを持つ異分野人材をマッチングすることで、事業化を視野に入れた新たな技術開発を行うものである。

”Sustainable Forest Action” の概要は、図 3-15 のとおり、造林分野の課題解決に向けた事業アイデアを有する林業人材と異分野人材がチームを編成し、約 2 ヶ月の間で事業アイデアを形にしていくものである。この間、参加者は、ビジネスや技術、林業の専門家の助言や林業体験等の事業アイデアのブラッシュアップへの支援を受けられるほか、投資家・事業会社などが参加する審査会でのプレゼンテーションの実施を通じて、事業化や資金の獲得の機会等の提供を受けることができる。



※ 林野庁報道発表資料「“Sustainable Forest Action”の参加者募集について～持続可能な「造林」を実現するためのオープンイノベーションによる課題解決型事業共創プログラム～」(令和元年 8 月)より

図 3-15 “Sustainable Forest Action” のプログラムイメージ

約 2 ヶ月の事業開発期間後に開催されたデモデイ（審査会）では、全 14 チームから事業アイデアのプレゼンがあり、最優秀賞 1 チーム、優勝 2 チームが選ばれた（林野庁報道発表資料「Sustainable Forest Action(SFA)の実施結果について」(令和元年 12 月)より）。

《最優秀賞受賞チーム「森がたり」》

【チームメンバー】

上原郁磨氏（リデン株式会社代表取締役兼ソフトバンクテクノロジー株式会社公共事業部副事業部長）

小島淳史氏（自営業・フィールドワーカー）

田中優哉氏（林野庁より有志参加）

【事業概要】

環境教育に興味があるユーザーに対して、バーチャル学習、現場での伐採・造林の体験、伐採した材を加工した家具をユーザーに届けるなどのコンテンツを提供。その現場に自伐林家の森林を活用することで、自伐林家の収入をアップさせ、伐採・再造林を促す。

《優秀賞受賞チーム「森も視守る”まもり”」》

【チームメンバー】

木下裕介氏（住友商事株式会社木材資源事業部部長付）

石井一成氏（住友商事株式会社バイオマス原燃料部部長付）

森下昌彦氏（株式会社 NSD 市場開拓事業部事業部付部長）

向井祐貴氏（株式会社 NSD 市場開拓事業部デジタルイノベーション営業部主任）

【事業概要】

アナログでバラバラに存在する森林情報を、森林所有者が見やすく、デジタルで確認できるアプリ。個人の森林所有者が、適切な森林管理や相続・売買について、アプリ上で専門家に相談できるようになることで、再造林の放棄を防ごうとするもの。

《優秀賞受賞チーム「森のコイン」》

【チームメンバー】

井上達哉氏（VUILD 株式会社 COO）

谷茂則氏（谷林業株式会社取締役／一般社団法人大和森林管理協会理事）

【事業概要】

森林の価値を自動評価し、森林所有者へコミュニティ通貨「森のコイン」を発行するサービス。このサービスを通じて、地元を離れる森林所有者と林業関係者とのつながりを再構築し、誰もが地域や企業の森づくり活動に参加することができるようになる事業。

（2） 実証事例

受賞チームのうち、「森も視守る”まもり”」のアプリは、森林所有者向けの森林管理機能として、森林所有面積、立木材積、年間 CO2 吸収量といった所有林の正確な情報を提供するとともに、森林所有者が専門家に森林資産の運用、相続を相談できる仕組みを整備するものであり、岡山県西栗倉村で実証的な活用を行うこととなっている。



※ 住友商事株式会社、西栗倉村、株式会社 DATAFLUCT 報道発表資料「森林所有者のための森林管理ツールの開発に向けた実証実験の開始について」（令和元年 12 月）より

図 3-16 「森も視守る” まもり”」アプリイメージ

(3) 製品化に向けて

本アプリは、自ら継続的に森林を管理しようとする森林所有者にとって重要なツールになると考えられる。また、今後、森林経営管理制度を用いて森林管理を市町村に任せるといふ森林所有者も増えていくことが見込まれるが、本アプリは、市町村に任せられた所有林の管理状況を確認するためのツールとしても活用できると考えられる。

【参考資料等】

林野庁報道発表資料「“Sustainable Forest Action”の参加者募集について～持続可能な「造林」を実現するためのオープンイノベーションによる課題解決型事業共創プログラム～」(令和元年 8 月)

林野庁報道発表資料「Sustainable Forest Action(SFA)の実施結果について」(令和元年 12 月)

住友商事株式会社、西栗倉村、株式会社 DATAFLUCT 報道発表資料「森林所有者のための森林管理ツールの開発に向けた実証実験の開始について」(令和元年 12 月)

Sustainable Forest Action ホームページ <https://www.sustainable-forest-action.net/>

3.4. 素材生産に関する技術

3.4.1. 無人走行フォワーダによる集材作業の自動化

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
林業工学研究領域長 毛綱 昌弘 氏

(1) 技術概要

従来の架線集材に代わって、ある程度傾斜のある現場においても作業道を開設して、先山まで造材機械を導入し、積載型集材車両であるフォワーダによって材を運搬する作業方法を用いる現場が増えてきた。林道などの基幹路網が十分に整備されていない地域では、トラックによる輸送の代わりに、フォワーダの集材距離が伸びてきており、1kmを超えるような集材を行う現場もある。このような現場では、フォワーダによる集材工程が伐出作業のボトルネックとなって作業能率の向上が図れなくなっている。そこで、フォワーダを無人で運転させることによって、フォワーダ専属の作業員を削減し、作業班の構成人数を減らしても素材生産量を保つことが可能となれば、労働生産性の向上が望めることから、無人走行フォワーダの開発を行った。試作機は以下に示す特徴を有している。

この研究開発は革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）により、平成 28(2016)年度から平成 30(2018)年度までの 3 年間で実施された。

①自動荷おろし機構

フォワーダの運転手を削減するには、フォワーダの各作業工程全てを無人化しなければならない。フォワーダは、先山での積込作業、先山から土場までの実走行、土場における荷おろし作業、土場から先山までの空走行を繰り返すことで作業を行うが、試作機では積込作業のみは有人で作業することを想定している。これは、先山には伐木、造材工程を行う作業員がいるので、積込作業を兼務できるためである。これに対して、土場に作業員を配置すると、作業班の構成人数を減らすことは不可能となるため、試作機では走行機能だけではなく、荷おろし作業の無人化も可能としている。

試作機の荷台は、サイドダンプ機構及び可動式建て木から構成されている（図 3-17）。サイドダンプ機構によって荷台を車体横方向に傾けると同時に、建て木も荷台外側に倒れることによって、荷おろし時にはスロープとして機能する構造となり、おろした材がバラバラになることを防いでいる。また、荷おろし土場には、傾斜等を利用した盤台を作設する必要がある。盤台は、荷台からおろした材を受け止めるとともに、ストックする機能を有する。一つの盤台には試作機の荷台約三杯分の材をストックすることが可能である。これ以上大きな盤台を作っても、トラックの積込クレーンの可動範囲を超えてしまい、トラックへの積込作業に支障が生じてしまう。このため、一日の集材量をストックするには、土場には荷おろし用の盤台を複数作らなければならない。集材作業時には、先山において荷おろしする盤台の番号を指定することで、試作機は指定された番号の盤台で自動停止して荷おろし作業を行うことができる。盤台の番号識別には後述する QR コードを用いた立て看板を用いている。

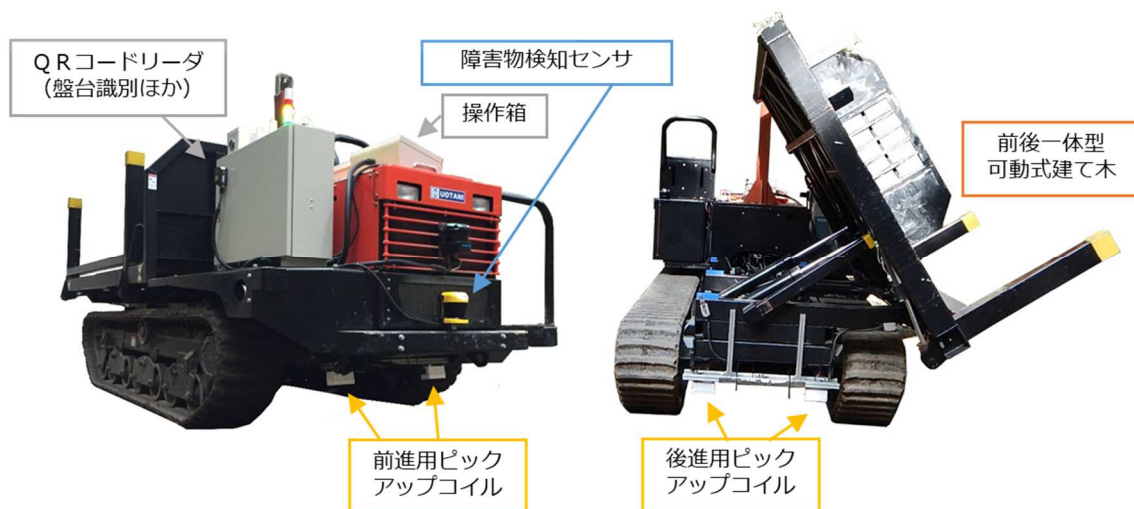


図 3-17 試作機の外観図

②自動走行機構

試作機の自動走行機構には、電磁誘導方式を採用した。この方法は工場等で使用される無人搬送車等に使われている技術である。試作機では、作業道上の走行ルートにあらかじめ誘導用の電線を敷設しておき、交流電気を通電することで電線周りに生じる磁界を検出し、電線に沿って自動走行する仕組みとなっている。従来の無人搬送車と異なる点は、前後進ともに自動走行可能であることと、スイッチバック線形を有する走行ルートにも対応可能なことである。前後進とも自動走行可能とするために、試作機では電線を検出するセンサであるピックアップコイルを車体前方と後方の両方に装備している。また、スイッチバック走行に対応するために、異なる周波数の交流電気を検出できる構造となっている。スイッチバックの分岐点において、二本の誘導用電線のどちらに沿って走行するかを切り替えるとともに進行方向を変更することで、スイッチバック走行を行う。この分岐点の検出にも QR コードを用いた立て看板を用いている（図 3-18）。

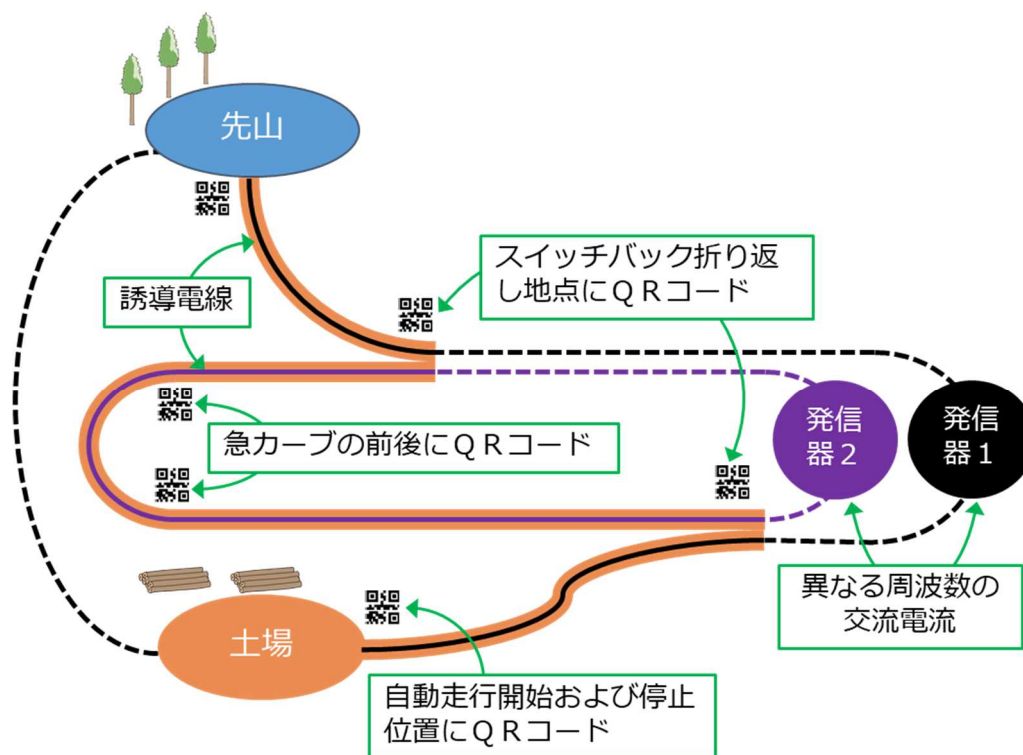


図 3-18 スイッチバック走行へ対応した誘導電線敷設方法

③走行速度調整機構

電磁誘導方式による自動走行では、走行速度の調整が困難なことが問題となる。走行ルートの中で、最も遅い速度で走らなければならない場所の速度で全区間を走行している、無人で走行できたとしても素材生産量が減ってしまう。試作機ではこの問題を解決するために、最初に作業員が試作機に搭乗して走行させることで、作業員の運転した速度をコンピュータに記憶させて、自動走行時にはその速度を再生するという方法を行っている。自動走行時には走行開始時からの経過時間で目標速度を決めているため、自動走行の再生時間が長くなると誤差が蓄積する。この再生時間をリセットするために、作業道の脇にはQRコードを用いた立て看板を設置しておき、有人運転時と無人運転時の時間誤差を修正している。このQRコードを用いた立て看板は、自動走行開始位置、停止位置、スイッチバックの分岐点、荷おろし盤台の番号識別にも使用している。

(2) 実証試験

試作機を用いて、集材作業の実証試験を研究期間内に実施した。ただし、試験の安全確保のため、伐木造材作業は先行して実施済みであり、作業道の脇に短幹材が点在している状況で試験を実施した。現場は約 1.8ha の間伐作業地であり、土場までの集材距離は 661m から 915m であった。この現場で計 46 回の自動走行による集材作業を行った結果、集材した材積は計 122.3m³ であった。フォワーダへの材の積込、先山から土場までの無人運転による実走行、土場での無人荷おろし作業、土場から先山までの無人運転による空走行の 1 サイクルに要した時間は約 38 分となった（図 3-19）。

先山では、一人の作業員によって、フォワーダを積込ポイントまで移動させて、グラップルで積込作業を行った後、フォワーダとグラップル二台の車両を次の積込ポイントまで移動させる。この作業を繰り返し、フォワーダに材が満載された後は、自動走行開始地点までフォワーダを移動させるという作業を、一人で行っている。この先山で行う作業に要した時間の平均値は約 9 分であり、1 サイクルの約 24% は有人で作業を行う必要

があった。無人走行フォワーダを用いて集材作業を行う場合、先山の作業員の誰かは1日の約4分の1の時間をフォワーダの積込作業に費やさなければならない結果となった。

先山における積込作業以外にも、無人走行フォワーダを使用するために行わなければならない作業がある。土場における荷おろし盤台の作設工事、作業道への誘導電線の敷設工事等である。これらの工事に要する人工数を実測した結果、盤台の作設には1.8人日、撤去に0.7人日、総延長距離1kmの作業道に電線を敷設するのに3人日、撤去に1.3人日となる。無人走行のための付帯工事には約7人日を要したことから、一週間程度で作業が終了するような現場では、無人走行フォワーダによる作業員の削減効果は得られないことになる。

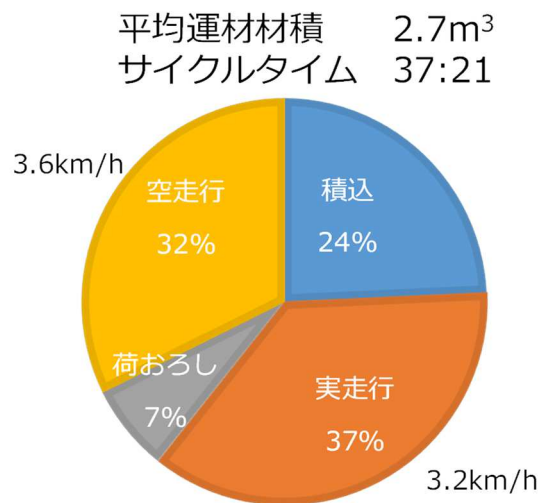


図 3-19 試作機による集材作業実証試験結果

(3) 製品化に向けて

試作開発したフォワーダは、製品化に向けて制御装置の再設計、センサ類の耐久性の検証を実施している段階である。試作機の制御装置では PLC (programmable logic controller) を使用しているが、試作段階ではどの程度の能力が必要となるか判断できなかったため、演算能力が高く、入出力機能が豊富な PLC を使用した。市販化に向けては必要な機能だけを有する機種に変更する必要があると、現在、機種を選定、制御装置の再設計を進めている。また、試作機の操作装置は、一般の林業作業員向けとして開発されていない。走行試験時の制御パラメータ等の調整を行うために、タッチパネルを用いた操作装置となっているため、現場において簡易に操作を行える操作装置を製作する必要がある。

試作機に使用しているセンサには、防水型のセンサ等を利用しているが、山で何年間も使用できるだけの対候性があるのか、全くわからない状態である。また、作業道上に敷設される電線も同様であることから、電線等に関しては、現場における暴露試験を実施している段階である。さらに、電線破断時の対応に関しても問題が残っている。自動走行時に電線が破断して検出できなくなっても、試作機では安全に停止する機能は組み込まれているが、電線の破断箇所まではわからない。作業道に敷設された電線の破断箇所を見つけることはかなり困難な作業であり、この対応策に関しても現在検討中である。

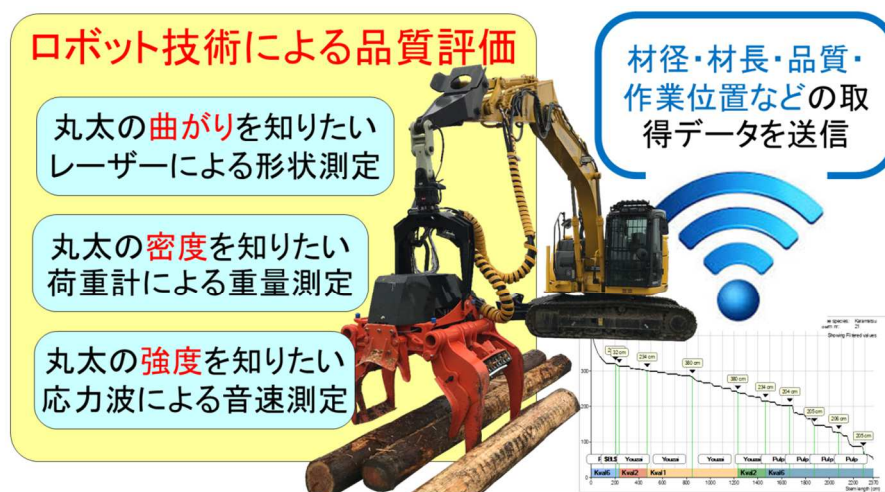
3.4.2. 原木の品質判定が可能な高度木材生産機械（ハーベスタ）の開発

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
林業工学研究領域 収穫システム研究室長 中澤 昌彦 氏

(1) 技術概要

森林総合研究所では、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち先導プロジェクト）の支援を受け、当所を代表機関とする研究コンソーシアム「高度木材生産機械開発共同事業機関」を広島県立総合技術研究所、小松製作所、南星機械、坂本電機製作所と組み、平成 28(2016)年度より 5 ヶ年の研究開発計画で「ICT 技術やロボット技術を活用した高度木材生産機械の開発」に取り組んでいる。

高度木材生産機械とは、ICT やロボット技術を活用した原木の品質を総合判定する次世代ハーベスタ（伐木造材機械）である（図 3-20）。ここで取り扱う原木の品質とは、曲がり、強度、密度である。本事業を大別すると二つの研究課題で構成される。一つは、ロボット技術等によって原木の品質を自動判定するシステムを開発し、これらを統合した品質総合判定システムをハーベスタ作業機に実装する課題である。もう一つは、ICT 等によってこの品質総合判定システムから得られる原木の品質に関する情報を従来の樹種、末口径、材長などの原木情報に追加し、川上から川下までの関係者間で閲覧可能な情報高度利用システムを開発する課題である。現状の原木の取引において検知の経費は原木 1 m³あたり 200 円から 500 円かかっており、北欧等の先進的な林業のようにハーベスタの採材データを活用できれば、まずこの分の経費が削減できる。また、造材材積が適宜に把握可能となれば、伐採作業の進捗管理だけでなく、どこにどれだけの材があるかがわかることにより効率的な原木の配送が可能となる。さらに、強度の高い原木を選別販売することで、最大 10% 価格が上昇した事例も見られる。以上から、実用機が販売され必要十分な台数が普及する段階になれば、事業終了五年後のアウトカムとして原木生産の効率化と川上から川下までの関係者間の情報共有により、素材生産業者等の収益性を 20% 以上向上する原木供給システムの構築を想定している。



測定データは品質に応じた価値最大採材プランに反映

図 3-20 高度木材生産機械の開発コンセプト

(2) 開発システムの概要

①品質判定総合システム

ロボット技術等を活用し生産現場において、3D レーザ等により原木の形状を測定

し、曲がり自動判定する直材判定サブシステムを開発する。また、原木の強度を把握し仕分けするため、木材内部の音の伝播速度を基に強度を判定する音速評価システムと密度推定システム二つのサブシステムを開発する。音速評価システムにおいては、応力波による新しい音速測定装置を開発するとともに、原木の材質変動の影響について解明し精度の向上を目指す。密度推定システムにおいては、音速測定装置の針の原木への打ち込み抵抗値や引き抜き抵抗値、またはベースマシンのアーム・ブームと作業機の取り付け部分にあるピン型荷重計による質量から原木密度を推定する。これら三つのサブシステムを統合した品質判定総合システムとしてハーベスタの作業機に実装する。当初二年間において、各サブシステムの基本設計と詳細設計等の個別要素技術の開発が終了した。三年目にはハーベスタのプロトタイプを組み上げて（図 3-21）、四年目の本年度に実証試験を行ったところである。最終年度は、検証と改良を進め、開発機以外の作業機にも装着できるようユニット化を検討している。特に、音速測定装置においては、本年度に小型化に成功し（図 3-22）、他の作業機への装着及び可搬化も検討し、手動による原木丸太だけでなく立木の評価も可能となるように改良を進めている。

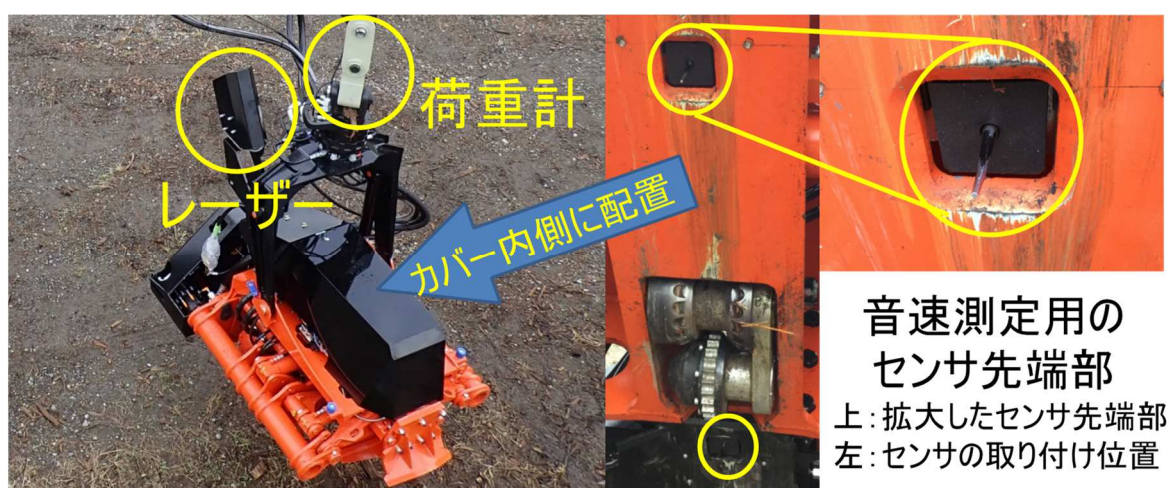


図 3-21 ハーベスタに組み込んだ3つのサブシステム



図 3-22 小型化した音速測定装置

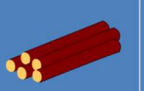
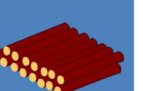
②情報高度利用システム

ハーベスタの採材情報と機械稼働情報や品質判定情報とを効果的に利用するシステムを開発する。素材生産者と需要者間の情報共有に有用なデータセットを解明し情報高度利用システムに組み込んでいくと共に、川上と川下による木材需給に関する協議会等を有する地域等においてこのシステムを利用した際の効果の検証・評価を行う。当初二年間において、国内外の林業地域に原木調達の現状や原木品質情報に関するニーズ等のヒアリング調査を実施した。

スウェーデン等北欧の林業先進国では、林業会社等（林産企業自身が持つ林業部門、あるいは林産企業と契約した林業会社や森林所有者の団体）が伐採地を確保し、地理条件や資源量等からどの現場でどの工場向けの原木を生産するかを調整し、直属作業班や請負事業体に作業指示を出して、製材工場や製紙工場に直送する原木供給体制が整えられている。この原木供給体制において、各作業の効率化だけでなく、原木の価格と供給量の安定化につながるように、製材工場からの価格・数量の提示や林業会社から伐採請負事業体への作業指示、林業機械からの生産状況報告等が共通のデータ規格 **StanForD** (Standard for Forest machine Data communication) で行われている。このデータ規格は、**Skogforsk**（スウェーデン研究所）が中心となって開発・管理されており、年に二回のオープンミーティングを開催してユーザーの使用状況やニーズを把握し、機能の改良や追加が検討される。北欧以外の国々でも使用されるようになり、事実上の国際規格と位置付けられ、同研究所の **HP** に **XML** ベースのソースコードも含めて詳細な情報が公開されている。一方、日本では、現状では未利用の原木品質情報について、生産現場から製材工場への原木輸送における場所や時間等データ項目の追加とその際の本数管理が重要であること、原木の材長や末口径だけでなく元口径やヤング率、密度の情報が重要であること、1cm 単位の材径や曲がりを考慮した材長が必要であること等の製材工場や合板工場等からのニーズを把握した。

以上から、本事業で開発する情報高度利用システムは、スウェーデン等北欧を中心に広く普及している生産管理する者と現場の林業機械との間でやり取りする情報の記述形式を定めたデータ規格 **StanForD** に準拠し、この中にあるデータ拡張領域に品質判定総合システムから得られる原木品質情報及び上記のニーズ等を追加して（図 3-23）、三年目に基礎のプロトタイプ、四年目に改良して **Web・クラウド型**を完成させたところである。最終年度には、実証試験を重ねるとともに、開発したハーベスタを効果的に運用するビジネスモデル及びその場合のコストの提示を行う予定である。

図 3-23 ICT で共有可能なハーベスタの取得情報

項目	 いつ	 何処で	 どのような 森林から	 どのような 原木が	 どれ位
従来	週・日 単位	作業区単位	林分調査や 選別データ に基づく (サンプル)	定性的な 形状別	末口自乗法 による概数
次世代	リアル タイム	GPSの精度 (経緯度)	造材し蓄積 したデータ に基づく (全伐採木)	定量的な 形状、 ヤング率、 密度	測定データ による実数

(3) 開発状況と今後の可能性

本開発事業は、五年間のうち四年目が終了するところであり、実証事例を積み上げているところである。五年目終了時には、作業機としては実用化の手前までたどり着くことを想定している。ただし、音速評価システム、情報高度利用システム等の一部の装置についてはユニット化し、前倒しして製品化を検討している。いずれにしても本事業で開発した技術により保証された品質の原木を安定供給することで、原木・製品価格の安定化や収益性の向上、原木のトレーサビリティの確保、サプライチェーンの確立を果たし、林業・林産業の振興、木造建築物の増加を期待している。

3.4.3. 林業労働災害VR体験シミュレーター

(1) 技術概要

林業の作業場における労働災害の発生状況は中長期的には減少傾向だが、災害発生千人率は他産業の15倍の災害発生率である。林業労働災害の起因物別死傷災害の発生状況は立木伐木とチェーンソー取り扱い中の災害が林業労働災害の50%以上を占める。

林業労働災害の未然防止のために林業労働安全衛生教育などが行われているが、座学のテキストやイラストによる災害事例の説明がほとんどで、災害のあらましは理解できても記憶・気持ちへのインパクトが小さく、作業現場でその災害事例を振り返ることは少ない。

そこで、株式会社森林環境リアライズでは、バーチャルリアリティ（VR）の仮想空間で労働災害を疑似「体験・体感」する「林業労働災害VR体験シミュレーター」を開発した（図3-24）。



図 3-24 システムのイメージ

VR体験シミュレーターのコンテンツは、実際の災害を基に科学的な分析をして開発しており、あたかも伐木現場にいるような感覚で災害事例を体験・体感できるため鮮明に記憶に残る。記憶に残った鮮明な体感が作業現場にフィードバックするため、伐木及びチェーンソー取り扱い中の災害の未然防止が期待できる。

体験コンテンツは毎年数件ずつ開発しており、現在は以下の8体験が可能である（図 3-25）。

- ・コンテンツ 1：伐木のツルが切れて伐木が斜面をずれ落ち被災。
- ・コンテンツ 2：元玉切り作業中に伐木の枝が頭上に落ち被災。
- ・コンテンツ 3：蔓がらみ木の伐木で伐倒方向が変化し被災。
- ・コンテンツ 4：伐木にからむ蔓が他の木を引き倒し被災。
- ・コンテンツ 5：急傾斜の元玉切でブランコ現象が発生し被災。
- ・コンテンツ 6：幹割れが発生し頭上に幹が落下し被災。
- ・コンテンツ 7：造材作業でチェーンソーがキックバックし被災。
- ・コンテンツ 8：切捨て間伐での斜め切りによる被災。



図 3-25 体験コンテンツのイメージ

(2) 利用実績

システムの運用開始は平成 28(2016)年からで、全国の林業経営体の林業労働安全大会や講習会、都道府県森林・林業センターなどの教育機関の学習、並びに林業大学校、農業高校森林科学科など多くの林業関係機関研修教材として利用されている。利用実績は毎年 50～80 件ほどで、利用件数は増加傾向にある。また、システム利用とともに労働災害未然防止講義や安全作業のグループワークをセットとした安全研修を行う機関が増加している（図 3-26）。

●システムの利用実態

- ・林業労働災害 VR 体験シミュレーターのみの利用
- ・労働災害未然防止講義と林業労働災害 VR 体験シミュレーターの利用
- ・労働災害未然防止講義と林業労働災害 VR 体験シミュレーターの利用及び振り返りのグループワーク



図 3-26 VR 体験シミュレーター安全講習会

●導入効果

システムは作業現場の経験が少なく危険を予知できない新規参入者と、手順は身に付いているものの考えないで作業を行いがちな高齢熟練者への安全意識の向上に大きな効果を期待している。システムを利用した機関からは、技術者の安全意識が明らかに向上した等の意見が多く寄せられている。

(3) 製品名・価格

製品名：林業労働災害VR体験シミュレーター

販売元：株式会社 森林環境リアライズ <https://www.f-realize.co.jp/>

〒064-0821 北海道札幌市中央区北1条西21丁目3番35号

TEL. 011-699-6830 FAX. 011-699-6831

毎年コンテンツを新たに開発してバージョンアップするためシステムの販売は行っており、以下の方法で体験できる。

- ・システムは利用のみで、使用日のみの利用料を請求する。
- ・システムはPC用VRシステム(PC、VR用モニターなど一式)と、災害状況を3D映像で固定視点から観察する簡易版VRシミュレーターの二種類である(図3-27)。
- ・システム運用に伴うシステムオペレーターの現地指導や、労働災害未然防止講義・体験後の振り返りグループワークファシリテーターをセットとした利用も対応する。
- ・体験に伴うシステム利用の詳細と価格などは、以下を参照のこと。

期 間	1日から最長5日間 (1日目はオペレーターによるセットアップや使い方のレクチャーをいたします。)		
VR料 金	1日目	54,000円/日(税別) (オペレーター付)	オペレーターの旅費、 返送費用が別途必要です。
	2日目以降	10,000円/日(税別) (オペレーションが必要な場合は34,000円/日税別)	
	最長5日間 レンタルの場合	94,000円(税別) (2日目以降オペレーションなしの場合)	
簡易版VR料 金	1日目	5,000円/日(税別)	



図 3-27 左：貸出システム(PC、VR用モニターなど一式)、右：簡易版VRシミュレーター

現在のシステムはPC用VRシステムでVR用モニターとPCが有線でつながった仕様である。昨年に次世代システムとして「スタンドアロン型VRシステム」(PCが不要でVR用モニターのみで体験可)が開発されたが、同システムの運用は令和2(2020)年6月を目途とし、現在システムのバージョンアップ中である。なお、災害体験のコンテンツは毎年新たに追加開発を行う計画である。

3.5. 需給マッチングに関する技術

3.5.1. 木材 SCM 支援システムの構築

(1) 技術概要

日本の森林は、戦後造林した人工林資源が充実し利用期を迎えている状況にある。一方、国産材の自給率は 36.6%（平成 30(2018)年）と回復傾向にあるものの、原木においては合板用材やバイオマス発電用材等、並材以下の需要の拡大に依るところが大きい状況にある。そのため、国産材の競争力を高めるとともに、川下で得られた収益を川上に還元し、伐採後の再造林が担保された循環型林業を推進するためには、生産・流通・加工分野の無駄を省き、需要側のニーズに応えた生産と在庫最適化を実現する木材サプライチェーンの再構築と、それを管理・運営するシステムの導入・運用が必要である。

林野庁では、平成 31/令和元(2019)年度より、「生産流通構造改革促進事業のうち効率的なサプライチェーンの構築支援」事業（以下、「本事業」）として、都道府県をベースとした地域において意欲のある川上から川下の事業者から構成されるサプライチェーンマネジメント推進フォーラム（以下、「SCM 推進フォーラム」）の構築・支援、並びに事業者間の情報交換・需給マッチングを可能とする「木材サプライチェーンマネジメント支援システム」（以下、「木材 SCM 支援システム」）の構築を開始した。本稿では、後者の「木材 SCM 支援システム」について、その概要を紹介する。

(2) 技術内容

1) 「木材 SCM 支援システム」の検討

サプライチェーンマネジメントシステムを構築する際には、その目的・システム対象範囲・対象とする商品（原木であれば材種）・取扱数量・運営主体等のシステム要件を検討する必要があるが、これらは地域や組織によって異なる可能性が高いため、本事業では、まず多様な木材サプライチェーンに対応可能なプラットフォームの構築を目指すこととした。

また今回の「木材 SCM 支援システム」の主要な用途である事業者間の情報共有については、組織内で使用するクローズドデータや不特定多数の事業者が使用するオープンデータではなく、経営の異なる事業者間の秘匿データの共有に対応する必要があるため、複数の事業者が一定のまとまり（グループ）を作成し、情報共有範囲を限定できることとした。（図 3-28）

組織内	組織間	不特定多数
クローズドデータの共有	特定のグループ内 (事業者間)でのデータ共有	オープンデータの閲覧

図 3-28 サプライチェーンで共有するデータ

さらに、林業・木材産業という業界の特性上、システムユーザーの IT リテラシーレベルが十分でないことが想定されるため、高度なシステムではなく、現在、電話や FAX で行っている情報交換を代替するデジタルコミュニケーションツールとしての、平易で操作性の高いシステムの構築を目指すこととした。

なお本事業においては、上述の通り、都道府県をベースとした地域において「SCM 推進フォーラム」の設立を支援することとなっているが（平成 31/令和元(2019)年度は 7 箇所）、「木材 SCM 支援システム」は「SCM 推進フォーラム」のみならず、他の全国の既存、または新規の木材サプライチェーンのメンバーにも隔てなく導入・活用してもらうことを前提に開発している。（令和 2(2020)年 4 月以降、運用開始予定）

またシステムの名称としては、改めて、川上から川中・川下の事業者を有機的かつ効果的につなぐ情報プラットフォームとなることを祈念し、「森」と「LINK」を融合させた

木材 SCM 支援システム「もりんく」と命名した。

2) 「木材 SCM 支援システム」の機能概要

「木材 SCM 支援システム」はその主要な機能として、「登録・マッチング」、「コミュニケーション」、「アプリケーション管理」を有している。（図 3-29）



図 3-29 木材 SCM 支援システム「もりんく」の概要

「登録」機能は、サプライチェーンが既に構築されているメンバーがユーザ登録とグループ登録を同時に行う場合と、新規のサプライチェーンを構築するために、ユーザ登録後、システムの検索機能を用いて事業者同士がマッチングされ、グループ登録に至る場合の両方を想定している。

「コミュニケーション」機能は、グループ内またはグループ間での情報共有を、メッセージ機能等を有するグループウェアツールを用いて実現する機能である。また掲示板機能を用いた情報公開（オープンデータの活用）も可能である。

「アプリケーション管理」機能は、サプライチェーン運営上の様々な実務を支援するアプリケーションのポータル（入口）を提供する機能である。今年度の本事業においては、原木や木材製品の需給調整を支援する簡易なツールや事業者間の見積・納品・請求のテンプレートを、Excel シートの形式で提供している。

図 3-30 に、構築中のシステム画面例を示す。

林齢	樹種	面積	材種	10月	11月	12月	1月
スギ			A	425	645	500	0
			B	640	515	500	0
			C	265	125	250	0
			D	0	410	250	250
			合計	1,330	1,695	1,500	250
ヒノキ			A	80	175	100	0
			B	35	90	100	0
			C	40	115	50	0
			D	0	60	50	100
			合計	155	440	300	100
カラマツ			A	0	0	0	0
			B	0	0	0	0
			C	0	0	0	0
			D	0	0	0	0
			合計	0	0	0	0
その他 針葉樹			A	0	0	0	0
			B	0	0	0	0
			C	25	20	0	0
			D	0	0	0	0
			合計	25	20	0	0
広葉樹			A	0	0	0	0
			B	0	0	0	0
			C	60	70	0	0
			D	0	0	0	0
			合計	60	70	0	0
合計			A	505	820	600	0
			B	675	605	600	0
			C	390	330	300	0
			D	0	470	300	350
			合計	1,570	2,225	1,800	350

図 3-30 木材 SCM 支援システム「もりんく」画面例

(3) 製品名・価格

製品名：木材 SCM 支援システム「もりんく」

使用料：当面の間は補助事業により運営予定、事業期間内は無償

連絡先：一般財団法人日本木材総合情報センター国内情報部

TEL：03-3816-5595 MAIL：nagai@jawic.or.jp

4章. 地域毎の実践的取組

4.1. 全体概要

令和元(2019)年度実証を行う地域協議会は図 4-1 の 7 地域である。福島県、和歌山県は令和元(2019)年度から実証開始、他の 5 地域は平成 30(2018)年度から継続となっている。

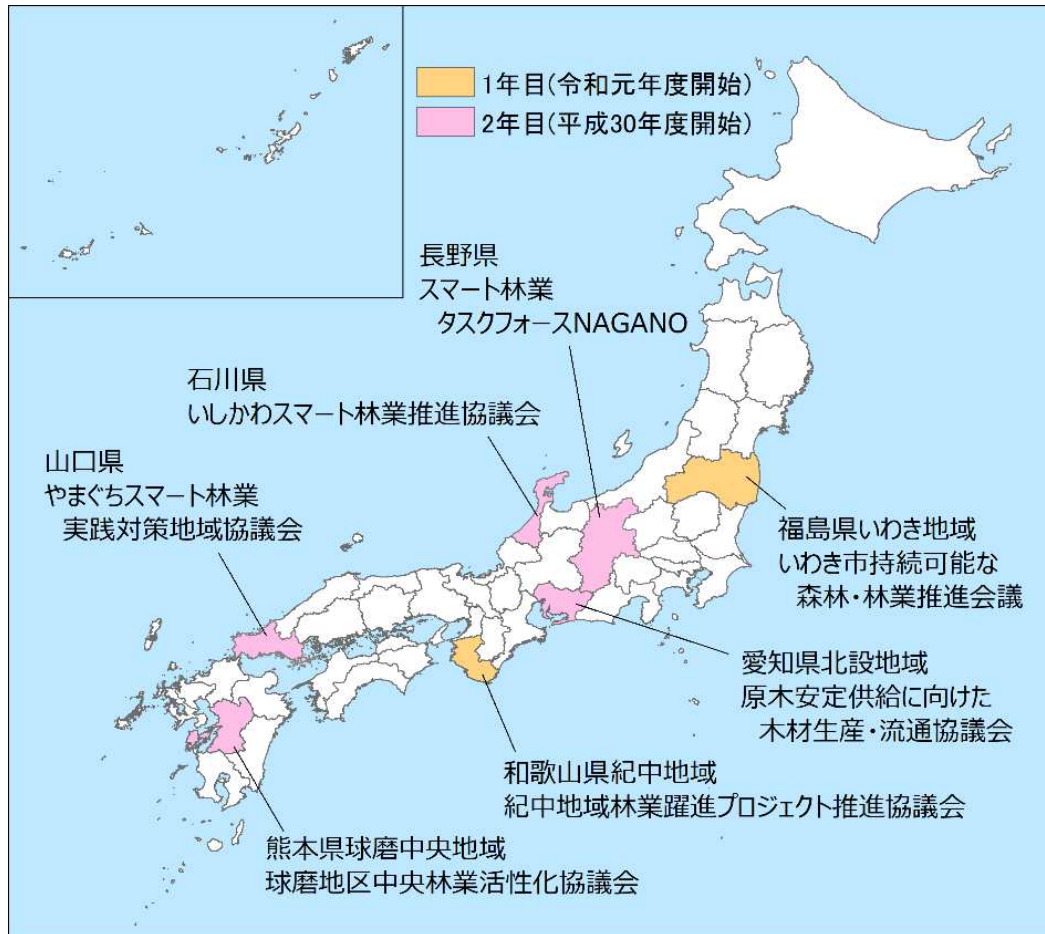


図 4-1 地域協議会位置図 (再掲)

地域協議会では、森林情報の高度化・共有化、施業集約化の効率化・省力化、経営の効率性・採算性向上、需給マッチング円滑化という4つのテーマにおいて様々な実証を行っている。各地域の実証内容をテーマごと、林業の作業ごと表 4-1 の通り整理した。7 地域中 5 地域以上が実証する内容としては、ドローン森林資源量調査、施業提案システム、木材検収システム、需給マッチング関連システムの4つがある。一方、1 地域のみが取り上げている内容としては、準天頂衛星による位置精度向上、空中写真立体画像境界候補図、全天球写真、経済林ゾーニング、素材生産計画・森林管理 GIS、位置把握による集材・配車の効率化、林業機械の工程管理、林業機械 PC への位置表示の8つがある。

森林資源量把握から施業提案、需給マッチングに関する実証が多く、境界明確化や運材を含む林業機械の管理に関する実証が比較的少ないと言える。実証が多い森林資源量把握の前段階である境界明確化や、需給マッチングの実現に必要な効率的な運材(配車)にも今後力を入れる必要がある。

表 4-1 地域協議会における実証技術

テーマ	林業作業	技術	石川 県	長野 県	愛知 県	山口 県	熊本 県	福島 県	和歌 山県
森林情報の 高度化・共有化	境界 明確化	準天頂衛星による位置精度向上						○	
		空中写真立体画像境界候補図	○						
	資源量 管理	ドローン森林資源量調査	○	○		○	○		○
		全天球写真	○						
		航空レーザ計測データ（既存）		○			○		
		航空レーザ計測データ（新規）			○		○		
		地上レーザ			○	○	○		
	その他 (情報基盤)	森林クラウド	○				○	○	○
施業集約 化の効率化・省力化	施 業 計 画・提案	経済林ゾーニング					○		
		施業提案システム（タブレット・GIS）	○		○	○	○		○
		素材生産計画・森林管理 GIS		○					
	伐 採・造 材	ハーベスタ検知機能	○			○	○		
	集 材・運 材	位置把握による集材・配車の効率化						○	
	検知	木材検収システム		○	○	○	○		○
経営の効 率性・採 算性向上	路網整備	路網設計・支援ソフト			○	○	○		
	生産性 管理	日報管理システム（タブレット、スマホアプリ）			○	○			
	機械全般	林業機械の工程管理				○			
		林業機械 PC への位置表示					○		
需給マッチ ング円滑化	販 売・流 通	需給マッチング関連（SCM）システム	○	○	○	○	○		○

※ 実施する地域が 5 地域以上、 実施する地域が 1 地域のみ

各地域で実証に使用しているシステムとその開発元・販売元等を表 4-2 に示す。市販システムを改良して使用している場合もある。

表 4-2 各地域における導入システム

テーマ	林業作業	技術	導入システム
森林情報の高度化・共有化	境界 明確化	準天頂衛星	L1S 対応小型 GNSS 受信機 QZ1 (準天頂衛星システムサービス株式会社による貸し出し受信機)
		空中写真立体画像境界候補図	石川県：立体視ソフトウェア「もりったい」(一般社団法人日本森林技術協会、株式会社パスコ)
	資源量 管理	ドローン森林資源量調査(解析)	石川県：IoT プラットフォーム「LANDLOG」(株式会社ランドログ)内の解析アプリ「ForestScope」 長野県、山口県：委託(信州大学認定ベンチャー企業：精密林業計測株式会社) 和歌山県：委託(アジア航測株式会社)
		航空レーザ計測データ(解析)	長野県、愛知県、熊本県：委託(アジア航測株式会社)
		地上レーザ	山口県：「OWL」(株式会社アドイン研究所) 愛知県：「3DWalker」(株式会社 woodinfo)
	その他 (情報基盤)	森林クラウド	福島県：地域版森林クラウド(パシフィックコンサルタンツ株式会社)
施業集約化の効率化・省力化	施業計画・ 提案	施業提案システム(タブレット)	山口県：提案営業支援アプリケーション「SPIRIT OF FORESTER」(株式会社インフォファーム)
		素材生産計画・ 森林管理 GIS	石川県：タブレット上での施業提案システム(株式会社エイブルコンピュータ) 熊本県：タブレット上での GIS「Forest Track」(アジア航測株式会社)
	伐採・造材	ハーベスタ検知機能	石川県、長野県：コマツ IoT ハーベスタ 山口県：ハーベスタ(0.45m3)採材システム iLogger Value Bucking(日立建機日本株式会社/waratah 社)
	検知	木材検収システム	長野県：スマートフォン木材検収システム(株式会社ジツタ) 愛知県：検収アプリ「Timbeter」(株式会社森林環境リアライズ/Timbeter 社) 和歌山県、熊本県：スマートフォンはい積み計測「iFOVEA」(アジア航測株式会社)
・経営の 採算性 効率性 向上	路網整備	路網設計・支援 ソフト	愛知県：「ALANDIS NEO FOREST」(アジア航測株式会社) 山口県：「Forest Road Designer」(住友林業株式会社)
	生産性 管理	日報管理システム	愛知県：日報アプリ・生産工程管理システム(株式会社 woodinfo)
需給 円滑化 マッチング	販売・流通	需給マッチング 関連(SCM)システム	石川県：スマート林業構築コンソーシアム(代表機関：東京大学)(株式会社ドリームワークス)のシステムに機能追加 長野県：需給マッチングシステム「木材ダッシュボード」(富士通エフ・アイ・ピー株式会社)

各地域での定量的な実証の結果をまとめると表 4-3、表 4-4 のとおりである。資源量管理、施業計画・提案、販売・流通に関しては労務や費用の定量的な削減効果の実証が進んでいる。

表 4-3 計画分野の定量的実証結果

作業	成果概要	地域
境界管理	立体視画像技術等による効率化 労務削減 20% 経費削減 10%	石川県
	準天頂衛星を活用した位置把握 労務削減 26%	福島県
資源量管理	航空レーザを活用した森林経営計画作成 労務削減 30%	熊本県
	地上レーザ OWL による森林資源調査 人件費削減約 50%	山口県
	ドローンレーザによる森林資源調査（資料作成） 労務削減 80%	和歌山県
施業計画・提案	ドローンによる森林資源調査・伐採計画（オルソ化除く） 労務削減 50% 経費削減約 20 万円/年（26%）（想定）	長野県
	ドローン、全天球写真データ等を活用したタブレット施業提案 労務削減 20%	石川県
	ドローンによる森林資源情報を活用した森林施業カルテ（施業提案） 労務削減 20%	和歌山県
その他（情報基盤）	—	

表 4-4 生産・販売分野の定量的実証結果

作業	成果概要	地域
伐採・造材	—	
集材・運材	—	
検知	木材検収システムの活用 労務削減 85% 経費削減 72%（18 万円/年）（想定）	長野県
路網整備	—	
生産性管理	—	
機械全般	—	
販売・流通	直送 経費削減 1,186 円/m ³	福島県
	需給マッチングシステムの導入 労務削減 26% 経費削減 650 円/m ³	長野県
	直送 経費削減 820 円/m ³	熊本県
その他	—	

4.2. 石川県（2年目）いしかわスマート林業推進協議会

いしかわスマート林業推進協議会の取組について、同協議会のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成30年4月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和2年2月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.2.1. 地域協議会の取組概要

（1）取組目標

石川県では、これまでも図4-2に示す①境界明確化、②森林資源量調査、③施業提案、④素材生産システム、⑤素材流通にポイントを置き、県と株式会社小松製作所（以下「コマツ」という）、石川県森林組合連合会（以下「県森連」という）の3社で協定を締結し、ICT等の先端技術を林業に取り入れる取組を行ってきた。これらの取組がスマート林業の基盤となっており、さらに発展させることを目標としている。

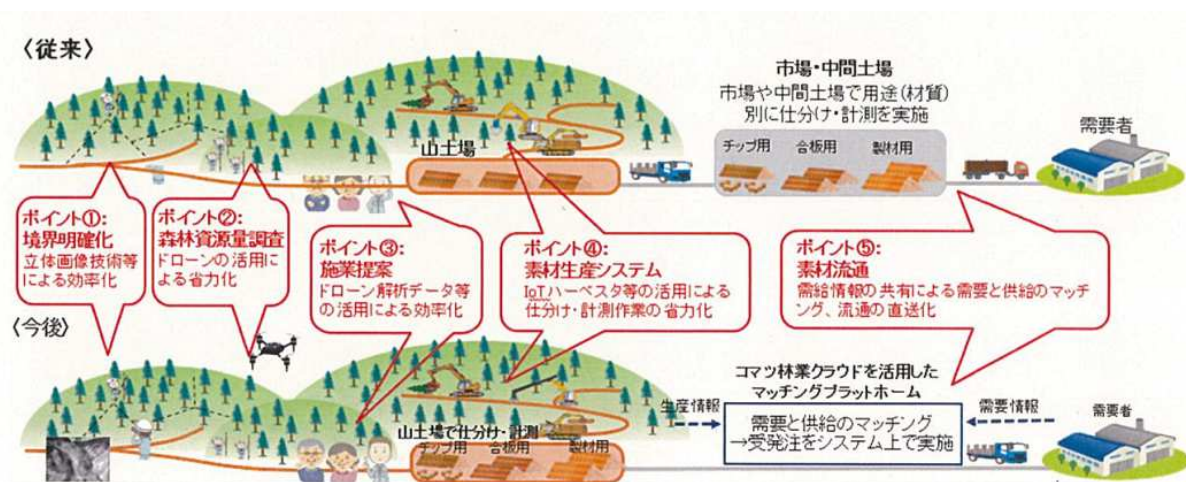


図4-2 スマート林業の構築に向けたポイント

いしかわスマート林業推進協議会は、コマツ等と連携し、クラウド技術等のICTの活用により、最新の森林資源情報や需給情報等をわかりやすく「見える化」し、市町や森林所有者、生産者、需要者がそれぞれ必要となる情報を共有しながら、以下の2つの目標の達成を目指している。実施概要及び数値目標は表4-5の通りである。

- 1 森林境界の確定や施業提案の効率化による施業実施に向けた森林所有者の合意形成の加速化（施業集約化の効率化・省力化）
- 2 生産者と需要者が連携した木材需給のマッチングと、木材流通の効率化による地域材利用の拡大（需給マッチングの円滑化）

表 4-5 実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標(数値)
施業集約化の 効率化・省力化	空中写真の立体画像から境界候補図を作成	境界明確化・施業提案に係る コスト 3 割削減 (83→61 千円/ha) 作業期間 2 割削減 (3.0→2.3 人・日/ha)
	ドローンによる森林資源量調査を行い、信頼性の高い施業提案を実施	
需給マッチングの 円滑化	IoT ハーベスタによる造材情報と需要者側の情報を一元管理するマッチング支援プラットフォームの構築	直送化により市場での積み替え経費 350 千円/ha を削減 (1,700→1,000 円/m³) 製材工場における原木の直送化を将来的に 2 倍に拡大 (12,000→26,000m³)
	IoT ハーベスタの情報はコマツクラウド(建設分野で実用済)のランドログサーバーに蓄積。	

(2) 地域協議会の構成

いしかわスマート林業推進協議会は、図 4-3 に示す通り県（行政、研究機関）と 4 市町、県森連、4 森林組合、2 林業事業体、製材工場等により構成されている。実証は施業集約化促進ワーキンググループ（WG）、需給マッチングワーキンググループ（WG）にわかれて効率的に進められている。

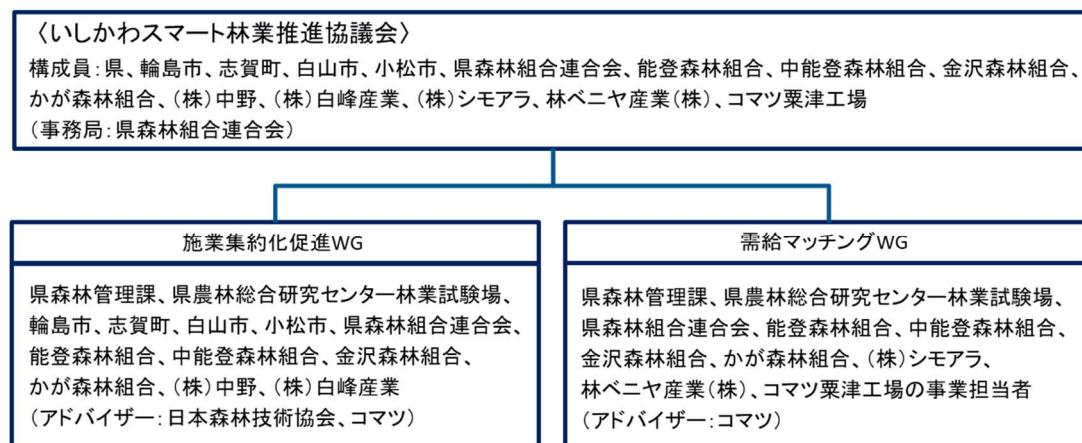


図 4-3 いしかわスマート林業推進協議会の構成

4.2.2. 今年度成果

(1) 境界明確化の効率化

境界明確化の促進においては、図 4-4 に示す通り 3D 画像（立体視）技術を活用し、近年や過去の空中写真から机上で森林境界の推定を行い、現地立会いを省力化しながら境界確定をスムーズに進める体制を構築することを目標としている。立体視は、一般社団法人日本森林技術協会、株式会社パスコが開発した立体視ソフトウェア「もりったい」を使用した。

今年度は表 4-6 に示す 4 地区で実証を行った（昨年度は 3 地区）。



図 4-4 境界明確化の促進

表 4-6 実証地区概要

番号	事業体	実証地区	規模
①	能登森林組合	珠洲市	約 20ha
②	中能登森林組合	七尾市	約 25ha
③	(株)白峰産業	白山市	約 130ha
④	かが森林組合	小松市	約 40ha



空中写真から作成した立体視画像データ（過去、近年）を活用して、精通者の協力のもとで境界候補図（GIS データ）を作成し、所有者説明会で境界の確認・修正を実施した。また、所有者説明会の参加者にはアンケート等により意見集約を行った。

効果の検証は、実証対象範囲について、従来手法で実施した場合に林業事業体が見積り算出したコスト・作業労務と、本手法により実施に要したコスト・作業労務の実績値を比較した。

比較した結果から、現地立会い・杭打ち作業を省略することで試算すると、表 4-7 のとおり、4 地区すべてで **5 割から 9 割と高い作業労務削減効果**を確認できた。面積が大きい地区、所有者が多い地区ほど効果が高い傾向がある。なお、**現地立会い等を省略しない場合の削減率は昨年度実証結果より 2 割程度**となる。

コスト削減効果については、かが森林組合を例に表 4-9 のとおり算定し、**6 割という高い削減効果**を確認できた。**現地立会い等を省略しない場合の削減率は昨年度実証結果より 1 割程度**となる。

表 4-7 作業労務削減効果（現地立会いを省略可能な場合）

番号	事業体	面積	所有者	従来手法 (人日/ha)	本手法 (人日/ha)	軽減率 (%)
①	能登森林組合	約 20ha	4 人	0.7	0.3	▲54%
②	中能登森林組合	約 25ha	46 人	3.2	0.4	▲88%
③	(株)白峰産業	約 130ha	9 人	0.6	0.1	▲91%
④	かが森林組合	約 40ha	14 人	1.3	0.5	▲64%

表 4-8 かが森林組合における作業日数の比較

面積 40 ha
所有者数 14 人

工程	従来手法			本手法		
	人	日	人日	人	日	人日
公図からの素図作成	2	5	10	2	2	4
現地下見	2	6	12	1	1	1
境界候補図作成			0	2	3	6
住民説明会開催準備			0	1.5	2	3
住民説明会（事前協議含む）			0	1	4	4
現地立ち合い・杭打ち	4	7	28			0
計			50			18
ha あたり総人工			1.3			0.5

本手法の軽減率(%)

▲64.0

表 4-9 かが森林組合をモデルとしたコスト比較

	従来手法	本手法
かが森林組合 ha あたり人工（人日）	1.3	0.5
300ha あたり人工（人日）	390	150
20,000 （円/人日）	7,800,000	3,000,000
データ・ハード・ソフト1年分（円）		209,795
合計金額（円）	7,800,000	3,209,795

本手法の削減率(%)

▲58.8

現地での境界明示（杭打ち）への立会い希望についてアンケート調査を行った結果の年齢層別集計（昨年度と今年度の合計）を図 4-5 に示す。70 代以上は「杭打ちの際に自らの現地立会いが必要」が 15、「現地立会い不要」「自らの現地立会い不要」を合わせると 9 であるのに対し、60 代以下では「杭打ちの際に自らの現地立会いが必要」が 9、「現地立会い不要」「自らの現地立会い不要」を合わせると 10 とわずかに逆転した。

最も省略化した「現地立会いは不要」という回答は、70 代以上では 1 だったが 60 代以下では 5 となっている。

このことから、70 代以上では現地立会いの必要性が高いが 60 代以下では低くなっていると言える。

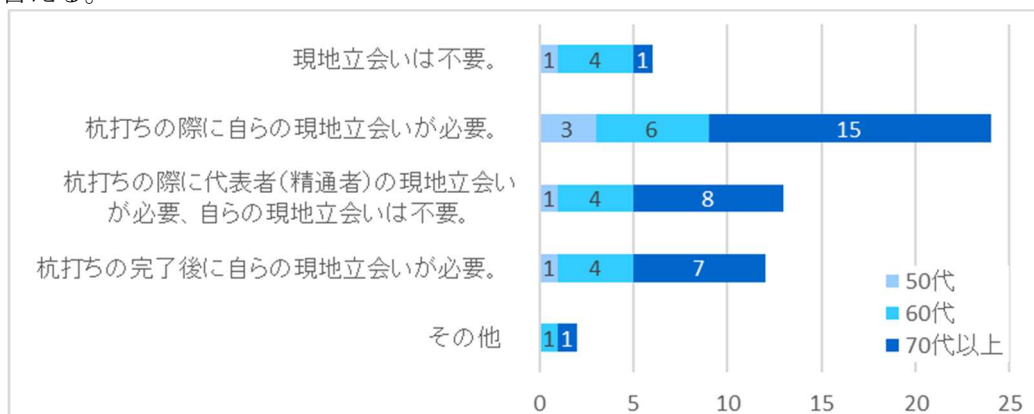


図 4-5 現地での境界明示（杭打ち）への立会希望に関するアンケート結果

(2) 施業提案の効率化

ドローン撮影による空中写真は、株式会社ランドログが運営するランドログサーバ上に保存され、API 連携されたランドログアプリ（Forest Scope）により解析・見える化する
ことができる。これらの解析データや林内 360° を撮影できる全天球写真データ等を活用し、「森林の見える化」により効率的で信頼性の高い施業提案を実現する体制を構築することを目標としているものである。

なお、今年度は表 4-10 に示す 6 地区で実証を行った（昨年度は 4 地区）。



図 4-6 「森林の見える化」による施業提案の流れ

表 4-10 実証地区概要

番号	事業体	実証地区	規模
①	能登森林組合	珠洲市	約 5ha
②	(株)中野	穴水町	約 6ha
③	中能登森林組合	志賀町	約 1ha
④	金沢森林組合	津幡町	約 2ha
⑤	(株)白峰産業	白山市	約 1ha
⑥	かが森林組合	小松市	約 2ha



実証地区をドローンで空撮し 3D 解析を行うとともに、現地踏査とあわせて全天球写真を撮影し、施業提案支援システムにより提案書を作成した。続いて、作成した提案書をタブレットにより所有者に提示し、アンケート等による意見集約を行った。

なお、効果の検証は、実証対象範囲について、従来手法で実施した場合に林業事業体が見積り算出したコスト・作業労務と、本手法により実施に要したコスト・作業労務の実績値を比較した。

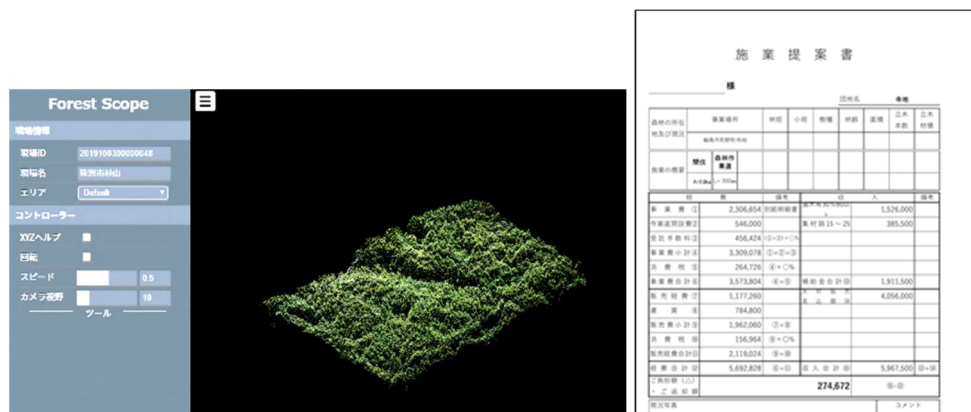


図 4-7 タブレット画面（3D 画像、提案書）

現地実証の結果、表 4-11 のとおり、6 地区のうち 4 地区で 2 割から 3 割の作業労務削減効果を確認できた。なお、軽減率が少なかった 2 地区では、スギ以外の他樹種が多く混在したことによりオルソ画像上での確認・修正作業が発生した。

表 4-11 作業労務削減効果

番号	事業体	実証地区	面積	従来手法 (人日/ha)	本手法 (人日/ha)	軽減率 (%)
①	能登森林組合	珠洲市	約 5ha	1.2	0.8	<u>▲29%</u>
②	(株)中野	穴水町	約 6ha	1.4	1.4	<u>0%</u>
③	中能登森林組合	志賀町	約 1ha	9.7	7.1	<u>▲27%</u>
④	金沢森林組合	津幡町	約 2ha	5.8	4.0	<u>▲30%</u>
⑤	(株)白峰産業	白山市	約 1ha	4.1	3.3	<u>▲20%</u>
⑥	かが森林組合	小松市	約 2ha	1.32	1.28	<u>▲3%</u>

表 4-12 作業日数の削減効果検証（珠洲市）

工程	従来手法			本手法		
	人	日	人日	人	日	人日
現地踏査	2	1	2	2	1	2
路網線形検討	2	1	2	2	0.5	1
現地再踏査 1 ※1	(2 人×1 日×0.2 回)		0.4			
提案書作成	1	1	1	1	1	1
施業提案実施	1	0.13	0.13	1	0.13	0.13
現地再踏査 2 ※2	(1 人×1 日×0.1 回×0.5 回)		0.05			
提案書修正 ※2	(1 人×1 日×0.1 回)		0.1			
再提案の実施 ※2	(1 人×1 日×0.1 回)		0.1			
計			5.78			4.13
ha あたり総人工			1.156			0.826
ha あたりコスト	20,000 (円/人日)		23,120			16,520

本手法の軽減率(%)

▲29

※1 提案書作成にあたり現地の再踏査を行う割合から算出した人工数

※2 再提案となった場合に現地再踏査、提案書の修正、再提案を行う割合から算出した人工数

導入費用については、タブレットの施業提案システムは実証中のため算定しているところであるが、施業提案システム活用の前提となるドローン撮影画像の資源量解析について

は、県とコマツが連携して行った実証試験により、従来作業である現場での人力調査と比較して、5万円/haの縮減を確認している。

(3) 需給マッチングの円滑化

ランドログサーバに蓄積される IoT ハーベスタで生産された丸太の造材情報等とともに、林業事業体の生産計画、製材工場等の需要情報を一元管理するマッチング支援システムを構築し、流通の直送化を促進する体制を構築することを目標としている。

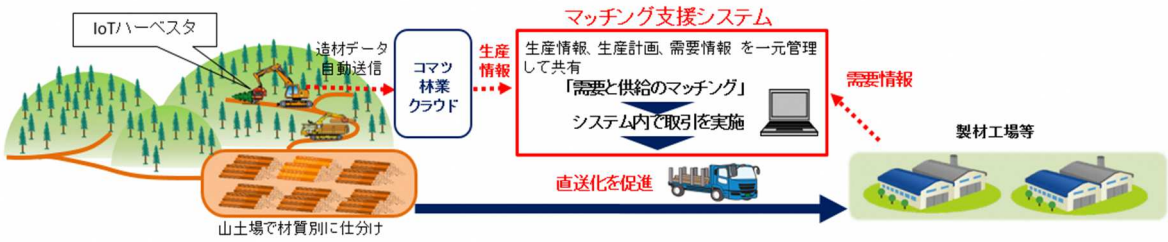


図 4-8 システムのイメージ

昨年度はスマート林業構築コンソーシアム（代表機関：東京大学）の木材 SCM システム（株式会社ドリームワークス）をベースに、機能の追加や改良を行い、本県仕様のマッチング支援システムのプロトタイプを構築した。今年度はシステムを表 4-13 の 2 地区で実証した。

表 4-13 実証地区概要

番号	事業体	実証地区	規模	備考
①	能登森林組合	輪島市	約 10ha	利用間伐
②	かが森林組合	加賀市	約 1ha	皆伐



実証地区での需要に対して生産現場をマッチングし、図 4-9 の工程により、システムを活用した一連の検証を実施した。あわせて IoT ハーベスタによる仕分けの検証も実施し、アンケート等による意見集約を行った。本システムを活用して、受発注から、生産進捗管理、材の輸送指示までの工程の検証を一連で実施し、本格導入に向けた操作性の確認や改良点の抽出により効果を検証した。

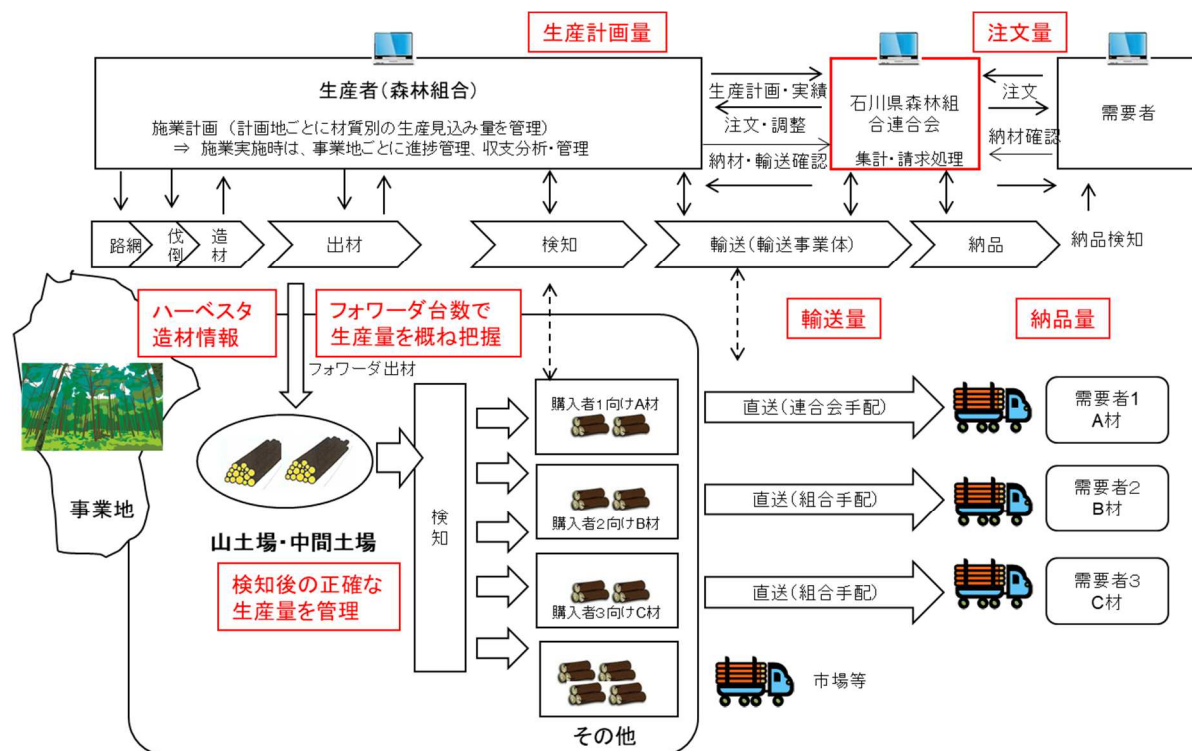


図 4-9 需給マッチング支援システム工程

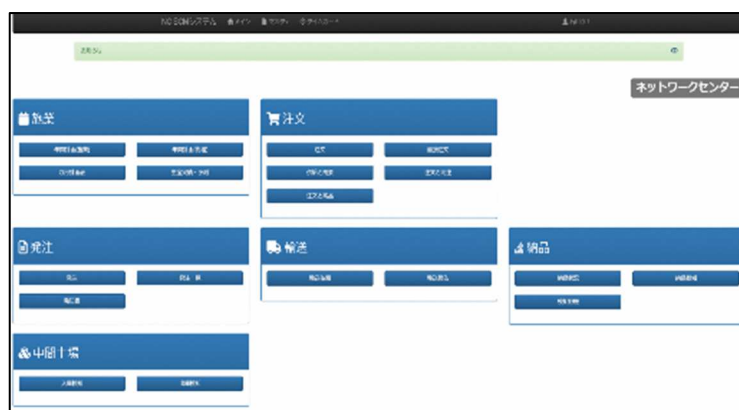


図 4-10 システム画面イメージ

受発注から、生産進捗管理、材の輸送指示までの一連の工程の検証を実施し、システムの有効性を概ね確認できた。アンケート等により、指摘された改良点等の主な意見は以下の通りである。

- ・ 生産者が施業を下請けに出す際は、共有すべきデータと共有しないデータを整理し、閲覧制限をする必要
 - ☆ 共有：生産状況、非共有：事業費の積み上げ額
- ・ バイオマス材は t を m^3 に換算して計上する機能が必要
- ・ ネット圏外現場でも利用できるよう改善が必要 など

なお、令和 2 (2020) 年度は、システムの改良を行うとともに、需要者側に製材工場とともに合板工場、バイオマス利用施設も加え、県内全森林組合において広域での現地実証を実施することで、ノウハウの構築を進め実運用体制の確立を図る予定としている。

4.3. 長野県（2年目） スマート林業タスクフォース NAGANO

スマート林業タスクフォース NAGANO の取組について、同協議会のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成 30 年 4 月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和 2 年 2 月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.3.1. 地域協議会の取組概要

（1） 取組目標

長野県では、これまでも信州大学や北信州森林組合を中心とした産官学のグループにおいて ICT を使用した全国でも先進的な技術開発を行ってきている。さらに平成 25(2013)～26(2014)年に航空レーザ計測を実施し、高精度地形データが全県で揃っているという状況にある。

一方、大多数の林業事業体は効率化に有効な ICT 技術の活用が北信州森林組合に比べて遅れており、全国有数の豊富な森林資源を活かしきれず、旺盛な需要動向に転じたマーケットへの安定的な木材供給体制整備が不足しているという課題を抱えている。

こうした中で、スマート林業タスクフォース NAGANO では、信州大学が開発した汎用性の高いドローンを利用した単木計測技術と間伐適正木の自動選木技術等を活用して、正確な森林情報を把握するとともに、県内の主たる林業事業体に丸太のストック状況を把握・集計する検収システム等を導入し、経営の効率化と生産性の向上を図るものである。

要約すれば、需給マッチングと流通を円滑化するシステムを開発し、競争力の高い林業県としての体制整備を図るというもので、この過程において得られた成果については、長野県内に留まらず、「長野モデル」として全国に示すこととしている。

なお、取組の全体像を図 4-11 に、実施概要及び数値目標を表 4-14 に示す。

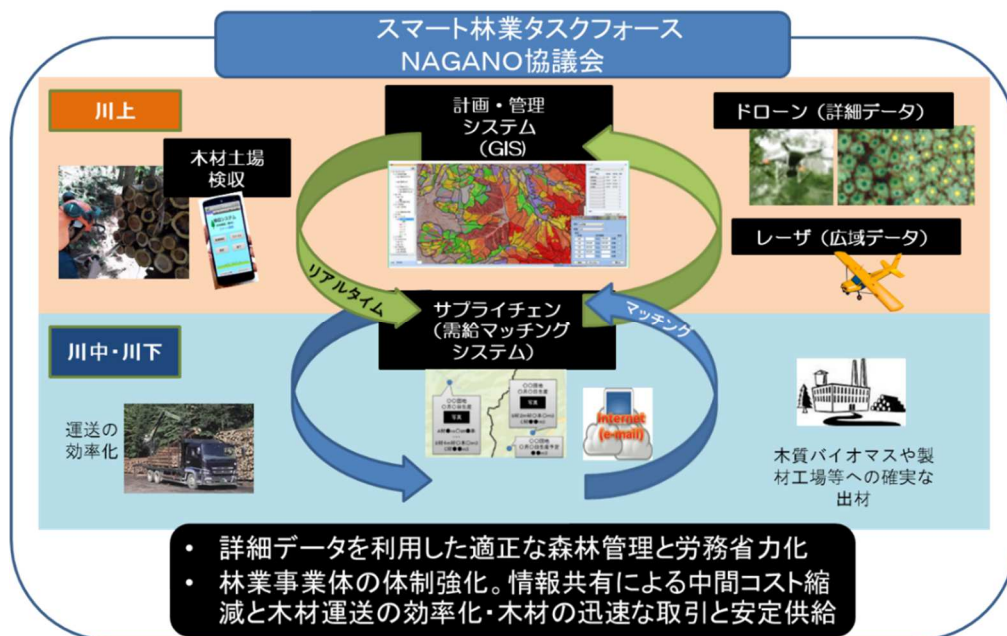


図 4-11 取組の全体像

表 4-14 実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標(数値)
経営の効率性・採算性向上	信州大学、アジア航測(株)等が簡易版を開発する「素材生産計画・森林管理のGISシステム」導入支援	森林調査・計画立案の工数を 1割程度縮減 林業事業体の木材生産量を 2割程度増加 (H29(2017):541千m ³ →R2(2020):640千m ³)
需給マッチングの円滑化	スマートフォンの既存木材検収システム(末口の計測、断面への記入は従来通り)を12林業事業体等に支援。	原木供給時の手数料を 700円/m ³ 縮減 木材検収・管理に係る労務作業の工数を 2割程度工数縮減
	木材検収システムの土場情報を利用した需給マッチングシステムの構築(既存C材用システムにA・B材を追加)。	
森林情報の高度化・共有化	既存航空レーザ計測データの森林資源量解析を市町村単位で行い、生産計画に活用する。	県内半分の市町村がR2(2020)年度までに森林資源量解析を開始する。 ドローンを用いた効率的な森林調査手法により調査費用の2割縮減。
	事業体におけるドローン活用による森林資源情報把握。	

(2) 地域協議会の構成

スマート林業タスクフォース NAGANO は、表 4-15、図 4-12 に示す通り県と 25 市町村、18 林業事業体等により構成されている。システム開発等を担う 4 企業は特別会員となっている。

表 4-15 スマート林業タスクフォース NAGANO の構成

区分	構成員
大学	国立大学法人信州大学農学部
市町村	川上村、佐久穂町、上田市、伊那市、飯田市、根羽村、木曽町、木祖村、王滝村、松本市、塩尻市、安曇野市、山形村、朝日村、生坂村、麻績村、筑北村、大町市、白馬村、信濃町、中野市、飯山市、木島平村、山ノ内町、栄村
林業事業体	南佐久南部森林組合、南佐久中部森林組合、南佐久北部森林組合、佐久森林組合、信州上小森林組合、上伊那森林組合、平沢林産有限会社、飯伊森林組合、根羽村森林組合、木曽森林組合、松本広域森林組合、企業組合山仕事創造舎、大北森林組合、長野森林組合、宮澤木材産業株式会社、北信州森林組合、栄村森林組合、北信木材生産センター協同組合、長野森林資源利用事業協同組合、長野県森林組合連合会、長野県木材協同組合連合会
林業団体	長野森林資源利用事業協同組合、長野県森林組合連合会、長野県木材協同組合連合会
県	長野県林務部
企業(特別会員)	アジア航測株式会社、株式会社ジツタ、富士通エフ・アイ・ピー株式会社、精密林業計測株式会社

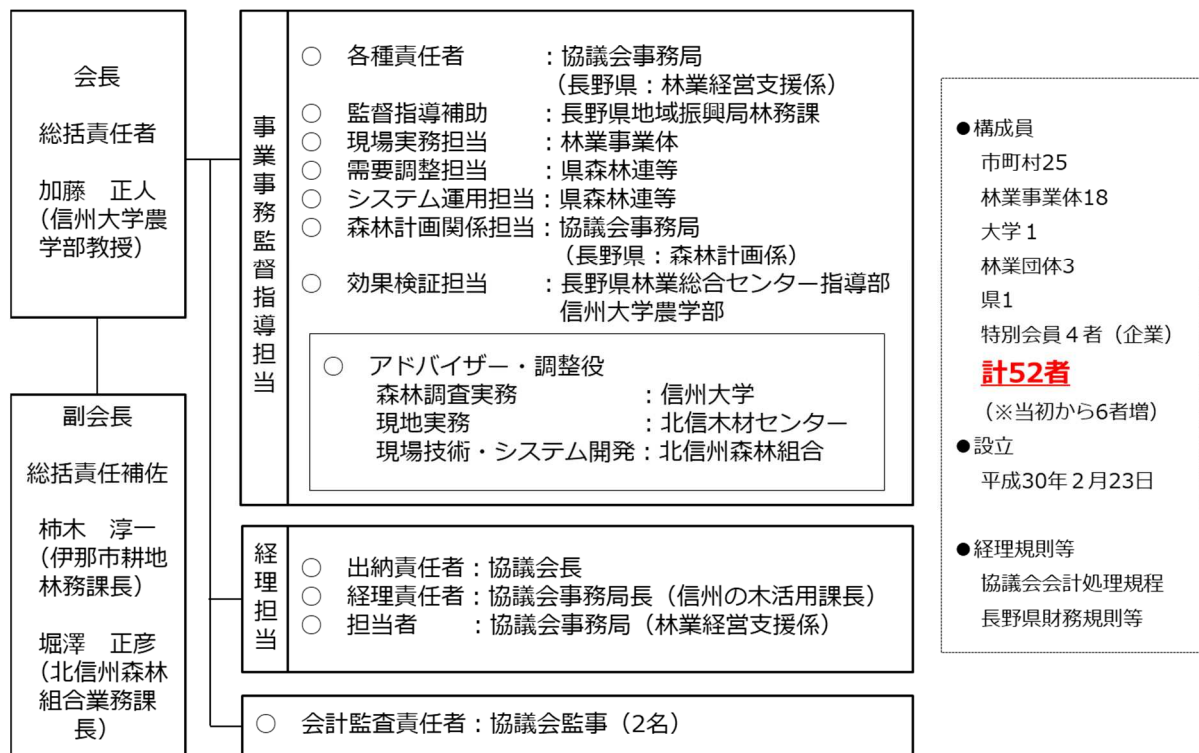


図 4-12 協議会の構成

4.3.2. 今年度成果

スマート林業「長野モデル」が目指す森林管理と林業経営の効率化のイメージを図 4-13 に示す。



図 4-13 長野県のスマート林業概要

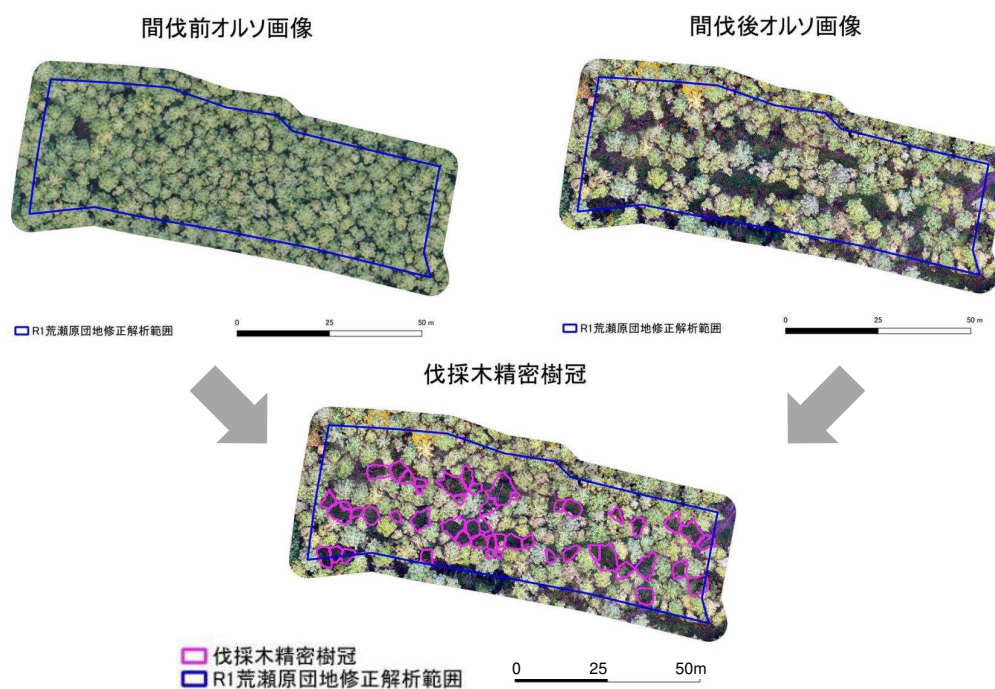
(1) 森林情報の高度化・共有化

長野県では、県が計測した既存の航空レーザ計測データを用いた詳細な森林情報の解析のほか、汎用性の高いドローンを使用した森林情報解析を組み合わせ活用を行う。

こうした中で、航空レーザ解析は費用が高額なため、全県の継続的なデータ取得は難しいが、ドローンを用いることで簡易に詳細なデータを得ることができることから、航空レーザ解析をドローンで補完しながら継続的な森林情報の高度化を図ることとしている。

1) 市販ドローンによる森林詳細資源解析の精度検証

信濃町のカラマツ 70 年生 3,500m² の実証地において、間伐前後の比較から解析した伐採木の推定結果と、実際の出材量を比較した。



- 検証面積 3,500m²
 - 伐採前後森林解析情報
 - ・ 樹種 : カラマツ(70年生)
 - ・ 本数 : 202本 ⇒ 155本 (伐採52本) 25.7%
 - ・ 総幹材積 : 250.8m³ ⇒ 193.6m³ (伐採57.2m³) 22.8%
- ※ドローン解析は、中層・下層の被圧木が本数で2割、材積で1割抽出できない。(信大実証既存論文)

図 4-14 間伐前後の解析結果からの伐採木推定結果

実証結果は表 4-16 のとおり、ドローン解析による幹材積より実際は 1 割程度多いこと(材積係数=1.1)、伐採材積は幹材積に対し 7~8 割(造材歩留り)であることから、伐採前のドローン解析総幹材積×1.1(材積係数)×伐採率×0.7~0.8(歩留り)により、伐採量の見積が可能であることがわかった。

表 4-16 ドローン解析結果と伐採材積との比較

ドローン伐採量解析	伐採 実出材積
・解析による伐採木幹材積 57.2m ³ ※ドローン解析は、中層・下層の被圧木が本数で2割、材積で1割抽出できない。(信大実証既存論文) 上記を考慮し、1割増とすると <u>62.92m³</u>	・実材積 49.35m ³ ※ 造材歩留り(利用率)は、当地の場合70%から80%。 歩留りを考慮すると 幹材積(歩留り70%) ⇒ <u>70.50m³</u> 幹材積(歩留り80%) ⇒ <u>61.69m³</u>

ドローン解析を用いた伐採計画の策定において、作業時間は図 4-15 の通りドローン調査により 30.5 時間から 24.8 時間になり 5.7 時間 (18.7%) 削減された。また、ドローン調査のオルソ化作業はパソコンスペックにより時間に差があるものの、人による労務は不要であるため、この時間を除くと 16.7 時間 (54.8%) の削減になる。

このことより、伐採計画の効率化は 18.7% の時間縮減、54.8% の労務縮減となり、目標とした計画策定労務の 2 割縮減は達成できたと言える。

労務削減効果をコストとして算定すると、年間作業想定を 100ha とした場合、年間約 40 万円と想定でき、これに対しドローン等の導入コストは 100 万円以上 (ドローン 20 万円、オルソ化ソフト 50 万円、パソコン 30 万円)、5 年間での償却とすると年間 20 万円程度と算定できる。導入コストを差し引いても 年間 20 万円程度のコスト削減効果 があると言える。なお、幹材積の解析費用は実証段階のためコスト算定は難しいものの、今後の技術革新によるコスト削減が期待される。



伐採計画の効率化 (10ha 換算：3 事業体平均)

⇒ 作業時間削減率 18.7%

⇒ 労務削減率 (オルソ化時間除く) 54.8%

⇒ コスト削減 16.7 時間/8 時間×20 千円/人・日/10ha×年間作業想定 100ha
 = ▲417 千円/年 (想定)

必要経費

⇒ 導入コスト 1000 千円以上 (ドローン 20 万円、オルソ化ソフト 50 万円、パソコン 30 万円)

⇒ 償却期間 5 年：200 千円/年

⇒ 解析費用 参考：約 70 万円/10ha (H30(2018)事例集 P16 のとおり)

ただし、安価な解析技術も開発が進んでいるため今後に期待。

図 4-15 伐採計画の効率化

実証に参加した事業体等の感想は表 4-17 の通りである。

表 4-17 ドローン調査・活用の感想

利点	・ 調査時間短縮、目視で確認できない林地状況把握（災害でも活用） ・ 測量前の除地の確認が容易 ・ 樹種区分が明確。樹種境界は踏査しなくても GIS で判断可能。 ・ ドローン空撮でも効果はあるが、オルソ化は森林所有者に説明しやすい。 ・ 作業班への指示がわかりやすくなった。 ・ CS 立体図と組み合わせることで伐採区域・路網選定が把握しやすい ・ 詳細情報のため、5 年後、10 年後の伐採予定区域の収穫予想やりやすい
欠点	・ 解析業者からはドローン撮影は曇りに実施するように言われている。（晴れているとハレーションにより写真が白くなるため。） ⇒ 技術革新や、オルソ化ソフトの精度により改善が見込めるとの情報あり ・ 落葉時は解析できない。雨・風時にはドローン撮影できない。 ・ レーザ解析ではないため、樹高の数値が若干高めという声あり。（要検証）

2) 航空レーザ解析の精度向上の実証

昨年度までの航空レーザ解析結果の利用において、カラマツの樹頂点（本数）判定精度、混交林の樹種判定精度に課題があることが明らかとなっていた。今年度はその精度向上を実証した。

カラマツの樹頂点判読については図 4-16 のとおり技術開発により精度が向上した。混交林については、人が判読することは可能だがコストが割増しとなるため、今後の自動判定技術の向上が必要と考えられる。

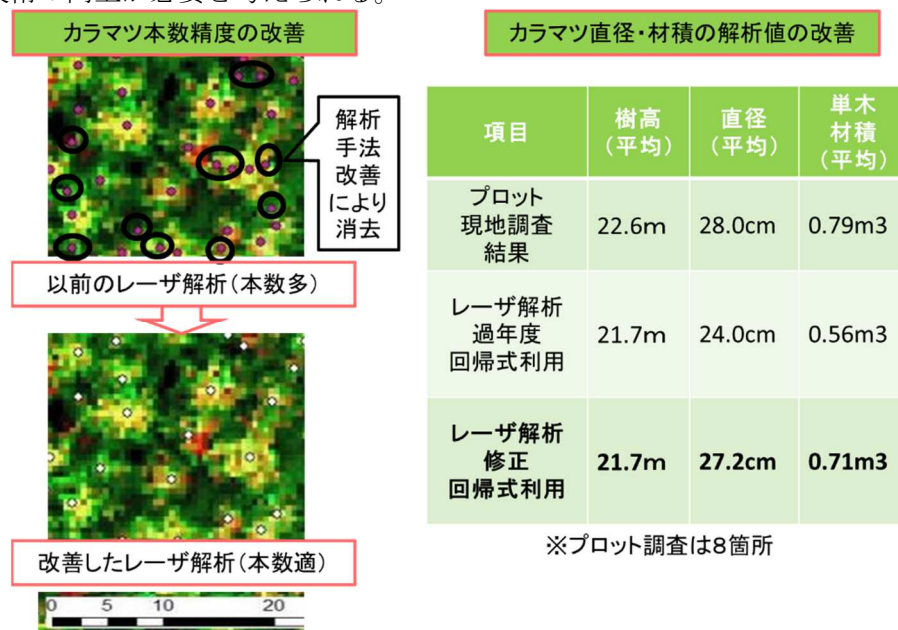


図 4-16 航空レーザ解析カラマツ本数精度向上

航空レーザ解析データを用いた森林経営計画策定の労務削減効果としては、北信州森林組合では、採材計画の作成において、従来方式 48 時間から航空レーザ解析データ利用 16 時間へと削減された実績がある。

一方、今回の実証においては表 4-18 のように効果は見られたものの課題もあることがわかった。

コスト削減効果は、北信州森林組合の事例からは、年間 120 万円程度と算定でき、必要経費は補助あり、償却期間 5 年間とすると年間 113 万円と想定された。差し引くと年間 7

万円程度のコスト削減効果であると言える。

表 4-18 航空レーザ解析データの利用における課題と対応

実証結果	課題	対応
樹種・材積情報をあらかじめ確認したのち現地調査を行うため、従来に比べ森林状況の把握がスムーズになった。	単木毎のデータは良いが、 QGIS では利用が難しい。	<u>航空レーザの単木データを利用できる GIS の導入</u>
	せっかくの詳細データが、現況は森林簿に反映されていないため、両方のデータを確認する作業が発生し、 <u>目に見える労務の縮減には至らなかった。</u>	<u>森林簿へのデータの反映</u> (長野県では、森林簿データの修正作業は、基本的に県が実施。ただし、修正作業のためのマンパワーが不足。手法を検討中。)

伐採計画の効率化（北信州森林組合の既存事例※）

⇒ コスト削減 32 時間/人・現場 ÷ 8 時間/人・日 × 20 千円/人日 × 15 現場（年間現場）
= ▲1,200 千円/年（想定）

必要経費

⇒航空レーザ計測・解析 約 3～4 千円/ha（大面積の場合）

⇒導入コスト レーザ単木利用の GIS 導入 約 1,300 千円（スタンドアロン版）

⇒想定年間コスト

レーザ航空測量 3 千 ha（想定） 9,000～12,000 千円

⇒ 約 10,000 千円（※補助あり）

GIS 導入コスト 1,300 千円（※補助見込）

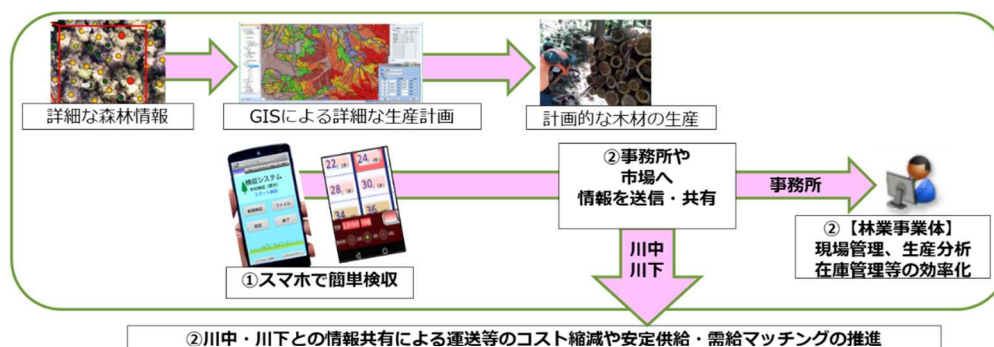
計 約 11,300 千円

※ 想定：補助 1/2、償却期間 5 年とすると 1,130 千円/年（想定）

※ 「平成 30 年度スマート林業構築普及展開事業事例集～スマート林業を目指して！～」(平成 31 年 林野庁) より 面積 10～25ha あたり 採材計画の作成労務：従来 48 時間⇒16 時間（32 時間縮減）

(2) 需給マッチングの円滑化

長野県で実証する需給マッチングは図 4-17 のとおり、スマホアプリの木材検収システムにて木材を検収し、木材生産量等を把握・共有できる仕組み（クラウド等）である。



- ① **ジッタの木材検収システム（スマホアプリ）にて木材を検収**
【効果】
 ・手作業検収作業のデジタル化
 ※紙媒体の再打ち込み作業省略
 ・2人日/現場作業の軽減
 ・デジタル化による情報伝達効率化
 ※既存伝達手段：口頭（電話）を改善
- ② **木材生産量等を把握・共有できる仕組み（クラウド等）づくり**
【効果】
 ・川上：生産量の管理
 ・中間土場：在庫量の管理
 ・川中：流通の効率化
 → トータルの管理体制強化
 ※生産・在庫・出荷の管理
 手数料等の削減（700円/m³）

図 4-17 長野県需給マッチングの仕組み

木材検収システムは、手作業検収の結果をスマホに手入力する機能を主に使用した。表 4-19 の通り導入による **労務削減効果は 85%** であり、目標とした 2 割削減を大幅に超える効果があった。継続の年間費用で算定すると、**18 万円/年のコスト削減効果**があった。

表 4-19 木材検収システムの労務削減効果

木材検収システム導入前	木材検収システム導入後	削減効果
・1現場あたり月6回程度職員が木材検収作業を支援(10ha程度の現場) (5時間/週3回:月2週程度⇒10時間) ※支援しないと土場に木材が貯まる ・現場からのアナログデータ打直し作業 (2時間/日:月5日⇒10時間)	・木材検収作業は全て作業班(職員支援なし) ・デジタルデータ送信によりデータ整理時間が短縮 (30分/日:月6日⇒3時間)	【検知】 20時間/月人 ⇒ 3時間/月人 ※1現場当り
・所有者毎に仕分し、出荷先別に材を置く作業を実施していたため、所有者が多いと広い作業スペースが必要。	・フォワーダ積込時に所有者別検知を終了。土場は出荷先別に仕分けするだけでよかった。	仕分作業の効率化。

木材検収作業の効率化

⇒ **労務削減率** 1 現場あたり 17 時間の削減 ⇒ **85%削減**

⇒ **コスト削減** 17 時間/現場÷8 時間/日×20 千円/人・日×年間作業想定 5 現場/台
 = **▲213 千円/年** (想定)

必要経費

⇒ **導入コスト** アンドロイドスマホ 約 30 千円/台 (新規導入する方も多い)

⇒ **年間コスト** 新規 約 84 千円/年・台 (年間ライセンス+初期設定経費)

継続 約 30 千円/年・台 (継続年間ライセンス)

オプション 写真認識ソフト 約 15 千円/年・台

表 4-20 木材検収システム利用の感想

感想	・ 運送会社 使用に慣れれば楽で良い。これが無いと困る。 ・ 音声入力が高精度になればさらに使い勝手が良い。 ・ 山土場での操作も簡単。その場で数量を把握できる点も良い。 ・ 作業班に検収作業を任せることができた。 ・ 画像認識機能は、手入力補正が必要。まだ改善が必要。(⇒ 機能拡充中) ・ 現場で納品書を発行したい。(⇒ オプションあり) ・ 在庫情報や運行情報に基づいて、自動配車までできるようにしたい。(⇒ 将来)
----	---

木材生産量等を把握・共有できる仕組みとしては、北信州森林組合が構築している需給マッチングシステム「木材ダッシュボード」を基盤に、「長野森林組合」「栄村森林組合」が参加するシステムを図 4-18 のとおり構築した。地域の木材流通担当である北信木材センターが、木材生産量や在庫量の収集効率化を行い、木材流通等の効率化を図るものであり、開発期間は平成 30(2018)～令和 2(2020)年度である。

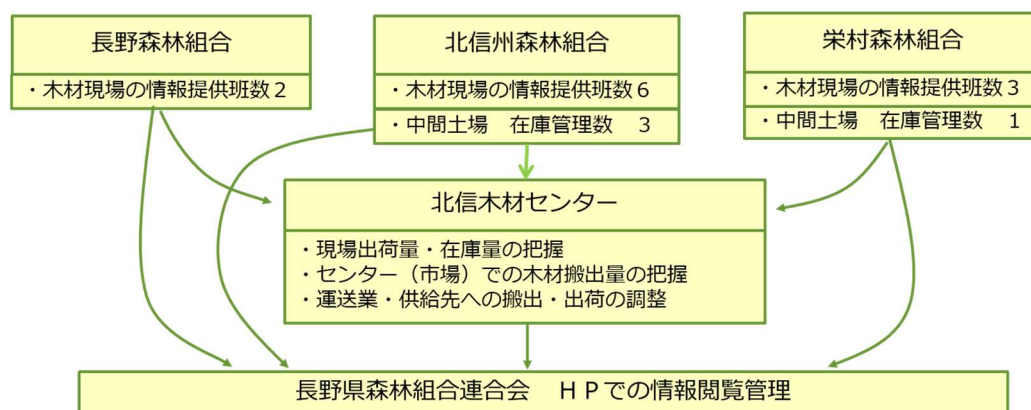


図 4-18 実証した需給マッチングシステムの概要

長野県北部地域で実証した結果は表 4-21 の通りであり、配送等に係る作業労務の縮減及び直送量の増加という効果が見られた。直送経費の削減 15,300 千円/年と年間費用 6,200 千円/年を差し引きすると 910 万円/年（14,000m³ あたり）となり、立方あたりのコスト削減効果は 650 円/m³ と言える。

目標の直送の増加によるはい積み手数料縮減（700 円/m³ 縮減）と同等の効果があった。

表 4-21 需給マッチングシステム実証結果

システム導入前	システム導入後	縮減効果
・木材供給量はアバウトで情報が遅い ・材の分け方・優先運送度・トラック積込場所不明確のため調整【週2時間】 ・見込配車のため配車変更発生【週2時間】 ・予定外の現場からの連絡対応【週0.5時間】 ・配車事務 週8時間 ⇒トラック輸送を担う木材センターの輸送調整作業が非効率 (週12.5時間 月平均50時間)	・木材供給量を即時把握 ・積込場所も把握でき、調整が効率化【週 0.25時間】 ・配車変更事務減少【週 0.5時間】 ・予定外現場連絡対応は変わらず【週 0.5時間】 ・配車事務 週8時間 ⇒トラック輸送調整作業が短縮。 (週9.25時間 月平均37時間)	【流通】 50時間/月人 ⇒ 37時間/月人
・導入前の直送割合は約2割(H29) - 直送 約5千m³/年 (北部のみ)	・導入後の直送割合は約6割(R1見込) - 直送 約14千m³/年(増9千m³) (北部のみ) ○直送縮減効果(平均) ・ はい積手数料 △700円/m³ ・ 運送(荷卸し) △1,000円/m³	9千m³×1,700 円/m³= △15,300千円

作業の効率化⇒労務縮減率 1月あたり13時間縮減 ⇒ 26%縮減⇒コスト削減 労務 13時間/人・月×12ヶ月÷8時間/人・日 × 20千円/人日
= ▲390千円/年 (想定)直送経費縮減効果(導入後直送) 14千m³ - (導入前直送) 5千m³ = 9千m³9千m³×1,700円/m³ (手数料・中間荷卸し経費縮減)= ▲15,300千円/年 (北部地区のみ)

※ 中信地区が追加されると、倍程度の経費縮減が想定される。

必要経費

⇒システム構築コスト 3年間で 約30,000千円(2地域分) ⇒償却期間5年間

⇒ランニングコスト 年間 約200千円(現況想定)

※ データベース構築業者とFTPサーバ・クラウドを分離

⇒年間コスト 構築コスト30,000千円÷5年=6,000千円/年

ランニングコスト 200千円/年

計 約6,200千円/年

4.4. 愛知県（2年目） 原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会

原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会の取組について、同協議会のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成30年4月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和2年2月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.4.1. 地域協議会の取組概要

(1) 取組目標

愛知県では、名古屋市をはじめとした大消費地と、三河山間地域の森林が近接しているという地理的な利点があるが、木材価格の低迷に伴い森林所有者への還元額が減少し、森林所有者の木材生産意欲が低下している。また、県産木材は、原木・製材品の多くが県外に流出しており、県産木材の入手がしづらい状況となっている。

そのような状況の中で、愛知県の豊田市において平成30(2018)年8月に大型製材工場が稼働しておりICTを活用した林業のスマート化を目指すこととなった。

愛知県では、新城市にも大型製材工場があり、北設楽郡（設楽町、東栄町、豊根村）はこの2か所に木材を供給することが可能なだけでなく、古くから林業が盛んで、優良材の生産が可能な地域である。そのため、航空レーザ計測により得た、詳細な森林情報を活用し、路網設計の効率化も図りながら、計画的な木材生産を進め、木材の生産情報と製材工場等の需要情報をICTを活用してマッチングを進め、マーケットインによる木材のサプライチェーンの構築を目指して行くことを目指している。

具体的には、原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会において、航空レーザ計測により詳細な森林資源情報や地形情報を取得し、これらの情報等を基に、

①施業集約化の促進、

②路網設計ソフトを活用した路網設計の効率化、

③タブレット端末を活用した作業現場との情報共有による現場作業の効率化

を図るとともに、川上と川中の需給情報のマッチングに向けたプラットフォームを立ち上げることにより、「林業のスマート化」を実現し、県全体に波及させることを目標に掲げている。

取組の全体像を図4-19に、実施概要及び数値目標を表4-22に示す。

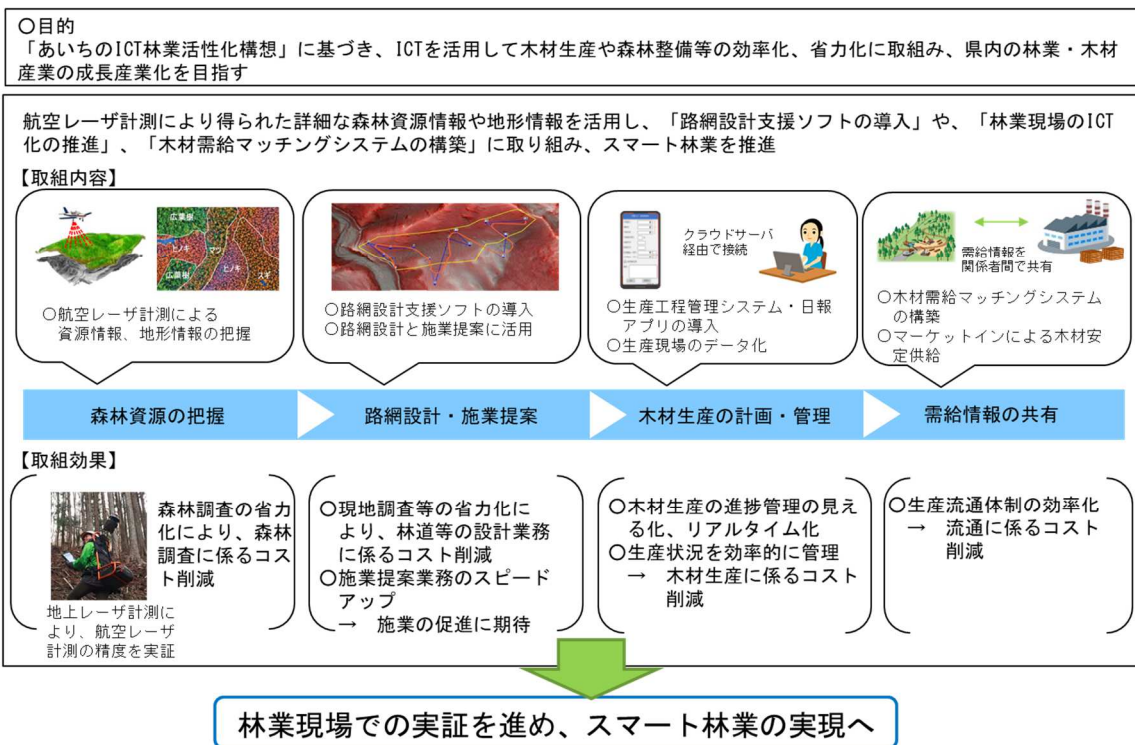


図 4-19 取組の全体像

表 4-22 実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標（数値）
施業集約化の効率化・省力化	航空レーザ等の高精細情報等を利用した施業集約化	路網設計人工を 3 割削減 現地調査費を 4 割削減
	路網設計支援ソフトの導入による路網整備の効率化	
経営の効率性・採算性向上	ICT 林業活性化構想の作成	木材生産コストの 1 割削減
	ICT 化による現場作業の効率化・省力化	
需給マッチングの円滑化	木材需給情報を共有するシステムの構築	流通コストの 1 割削減
	需給情報をやり取りするプラットフォームの立ち上げによる川上・川中のマッチング	木材生産量の増加（R2(2020)に 180 千 m ³ ）
森林情報の高度化・共有化	航空レーザ計測の実施（H30(2018):約 4,300ha、R1(2019):約 3,400ha、R2(2020):約 5,300ha）	需給マッチング、施業集約化地区の選定、路網整備計画の策定への活用
	詳細な資源情報及び地形情報の活用	

(2) 地域協議会の構成

原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会は、表 4-23 に示す通り北設楽郡 3 町村（設楽町、東栄町、豊根村）、愛知県（林務課、森林保全課、出先事務所）、県森連により構成されている。北設楽郡内の 3 森林組合（設楽森林組合、東栄町森林組合、豊根村森林組合）、新城市内の製材工場が参加している。

表 4-23 原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会

区分	団体
県	愛知県農林基盤局林務部 林務課 愛知県農林基盤局林務部 森林保全課 愛知県新城設楽農林水産事務所 林業振興課
市町村	設楽町産業課 東栄町経済課 豊根村農林土木課
林業	愛知県森林組合連合会 設楽森林組合 東栄町森林組合 豊根森林組合 新城市内製材工場



4.4.2. 今年度成果

(1) 施業集約化の効率化・省力化

航空レーザ計測による地形データを活用する路網設計支援ソフト（図 4-20）を導入することで、木材資源の分布状況や地形などを勘案した効果的な路網配置（林道、林業専用道及び作業道）のシミュレーションを行い、路網整備の効率化を図る。路網設計支援ソフトはアジア航測株式会社製を改良（設計に係るガイド・アシスト機能、潰れ地図の作成機能）して使用した。

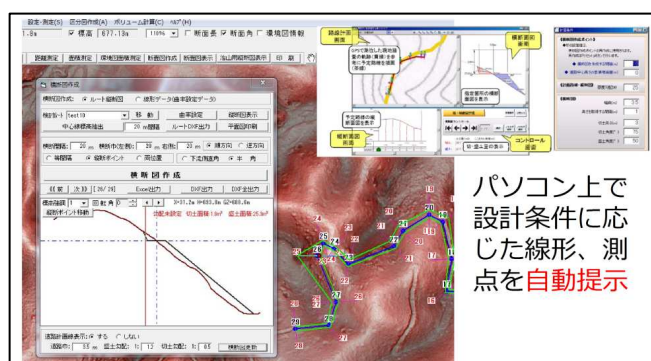


図 4-20 路網設計支援ソフトイメージ

事業候補地(3 カ所、計 8ha)において、作業道(L=1,530m、W=3m)の設計を行い、施業提案書(スギ・ヒノキ搬出間伐約 650 m³)を策定した。

搬出間伐事業地(約 4ha)において、作業道(L=1,230m、W=3m)の設計を行い、合理的な施業の為の線形検討に活用した。作業道は並行して開設し、木材生産(スギ 700m³)に着手した。

路網設計支援ソフトの活用により林業専用道(L=1,900m)の全体計画調査を試行し、提案線形の比較検討と経費の削減効果を確認した（経費削減額 712 円/m）。

表 4-24 設計支援ソフトによる林道設計の経費比較

	従来手法	本手法
全体調査 1,900m を設計する経費	6,283 千円	4,929 千円
1m 当たりの経費	3.3 千円	2.6 千円
1m 当たりの削減額		712 円
本手法の削減率(%)		▲21.6

※削減可能な項目：①森林資源、地形の把握、②図上測設、③比較線形の検討、
④計画図面作成等

(2) 経営の効率性・採算性の向上

航空レーザ計測と地上レーザの森林調査結果を比較した。航空レーザ計測では被圧木が計測できないため、立木本数は少なくなるが、被圧木の立木材積は少ないため、総材積としては見積りや生産計画に、航空レーザ計測データが十分活用できることを確認できた。地上レーザでは樹高が過少となるが、最適造材シミュレーションなど詳細な生産管理が必要な場合に活用できると考えられた。

表 4-25 航空レーザ計測と地上レーザの森林調査結果比較

区分	豊根村三沢字矢立山 0.865ha		豊根村下黒川字本洞 2.04ha	
	地上レーザ	航空レーザ	地上レーザ	航空レーザ
立木本数	608 本	652 本	1,137 本	852 本
平均胸高直径	29.9 cm	29.2 cm	40.8 cm	40.0 cm
平均樹高	18.2 m	21.9 m	23.5 m	30.2 m
総材積	408.0 m ³	483.4 m ³	1,961.5 m ³	1,543.5 m ³

日報アプリ（図 4-21）と生産工程管理システム（図 4-22）（株式会社 woodinfo 製）を組み合わせ使用した。豊根森林組合の主伐現場において、従来、紙やエクセルの日報を使用していた現場作業員（4 名）がスマホアプリにより日報を入力し、組合事務所で管理を行った。利用者の感想は表 4-22 のとおりである。



図 4-21 日報アプリ画面

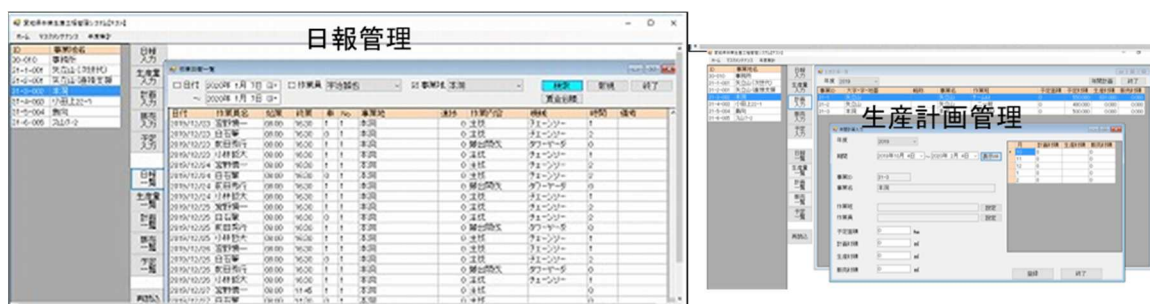


図 4-22 生産工程管理システム画面

表 4-26 生産工程管理システム利用の感想

感想	- 現場の進捗状況をリアルタイムに確認できた。 - 生産性やコストを「見える化」、コスト意識を向上、共有できた。 - 補助簿の出力機能等により事務を自動化できた。 - 現場作業員賃金管理を自動化できた。
----	--

検収アプリ「Timbeter」（株式会社森林環境リアライズ/Timbeter 社）（図 4-23）を利用した検収の精度検証を行った。

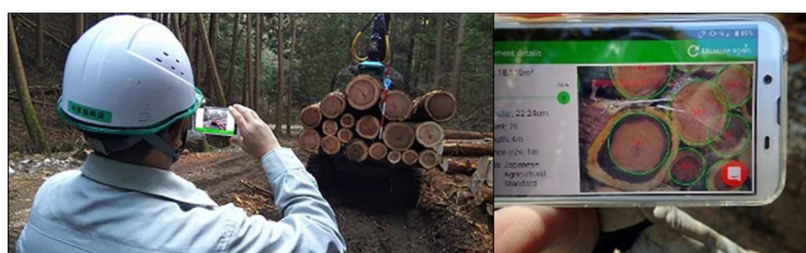


図 4-23 Timbeter 利用イメージ

表 4-27 検収の精度検証

手順	- 現場作業員がフォワーダへ積み込んだタイミングで林業普及指導員がアプリで木口を撮影（元末を揃えずにフォワーダに積載された状態で撮影） - 撮影の際には長さの目安となるもの（赤白ポール等）も写るように撮影 - アプリで認識範囲及び目安となるものの長さを指定同時に手計測で末口径を実測 - 現場作業員からフォワーダ 1 車分の目視の材積を聞き取り
結果	- スギの心材を丸太径と判定するエラーが 2~3 割程度確認され、手動修正が必要だった。 - 実測材積（2cm 括約）と等しい材積が得られることが確認できた。 - 現場作業員の目視把握との差は 1 車当たり 1~2m³ だった。 心材を丸太径と判定された例

4.5. 山口県（2年目） やまぐちスマート林業実践対策協議会

やまぐちスマート林業実践対策協議会の取組について、同協議会のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成30年4月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和2年2月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.5.1. 地域協議会の取組概要

(1) 取組目標

やまぐちスマート林業実践対策地域協議会は、山口県内で製材工場の設備拡大や新たなバイオマス発電所が稼働するため、川上側が確実な木材の供給を求められている課題に対応することとしている。また、これまで山口県で取組んでいた「需給マッチング円滑化に向けた原木 SCM クラウドシステム基本設計」や「施業集約化に資するツール開発（森林資源情報収集・活用支援システム）」などのスマート林業の基礎作りの成果を踏まえ①地上レーザ・ドローンを活用した森林資源情報の把握、採材支援システムの開発、②施業提案、計画作成、作業工程・日報管理等をタブレットアプリ等の新たな ICT 導入を行うことにより森林施業の効率化・省力化を図り、需要に応じた木材供給量の拡大を図ることを目指している。実施概要及び数値目標は表 4-28 の通りである。

表 4-28 実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標(数値)
施業集約化の効率化・省力化	地上レーザ計測の高精度な資源情報や地形情報及び採材計画・路網計画作成支援システムを用いて、「立木在庫の見える化」を実施。	・6.4 万 m ³ の立木在庫情報の見える化 ・施業集約、路網設計にかかる人件費を 3 割削減
	施業提案手法の確立、路網計画作成支援システムによる施業集約を効率化。	【採材計画策定支援システム】 ・施業集約により事業地を年間 160ha 確保
		【路網計画作成支援システム】 ・施業集約により事業地を年間 160ha 確保
	ドローン計測による写真情報から単木資源データ解析を行い、「立木在庫の見える化」を実施。	・6.4 万 m ³ の立木在庫情報の見える化
経営効率・採算性向上	タブレット等の日報管理システム、現場作業データの集計・分析を行い、事業地単位での進捗管理業務を省力化。	・素材生産性を 50% 向上
	日報管理システム、作業工程管理システムにより「生産現場の見える化」、「生産コストの適正化」等を実施。	・素材生産性を 50% 向上
	山土場検収システムやハーベスタの検知機能システムにより原木在庫の見える化を実施。	・配送コストを 45% 削減

(2) 地域協議会の構成

やまぐちスマート林業実践対策地域協議会は、図 4-24 に示す通り県（行政、研究機関）と 4 市町村、県森林組合連合会、4 森林組合、3 林業事業体により構成されている。平成

30(2018)年度は、山口県北部木材センターの集荷範囲の県北部地域を対象としており、令和元(2019)年度以降に、全県へ段階的に展開しつつ、メンバーを拡大する予定である。

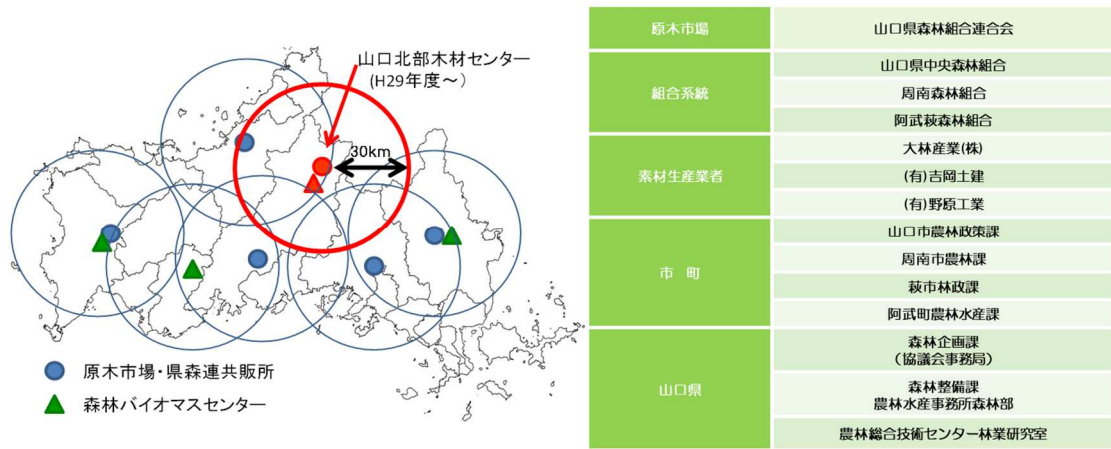


図 4-24 やまぐちスマート林業実践対策協議会の構成

4.5.2. 今年度成果

(1) 立木在庫の見える化と施業集約（施業集約化の効率化・省力化）

地上レーザ計測やドローンによる写真計測・レーザ計測を行うことにより、従来の人による調査よりも省力化しながら高精度な資源情報や地形情報を得ることができる。これらのデータを採材計画・路網計画作成支援システムを用いて解析・収支計算等を行うことにより「立木在庫の見える化」を実現することを目標としている。

今年度は、1)スマート林業機器等による事業地 160ha/年を確保するための取組、2)現地調査・施業集約にかかる人件費を 30%削減のための取組を行った。

1) スマート林業機器等による事業地 160ha/年の確保

図 4-25 に示す通り、「地上レーザ計測機 OWL」及び「ドローンレーザ/写真計測」により、46.48ha(令和元(2019)年度 12 月末現在)の立木在庫化を行った。特に地上レーザ計測機 OWL での計測は、昨年度は協議会員の施業地 7 箇所を県森林組合連合会による計測であったが、今年度は今後、山口県内全域に水平展開を行っていくために、協議会員外でも利用を希望する者に貸与し、「年間貸与スケジュール」に基づいて事業体自身で計測を行った。また、OWL で実際に事業体に操作してもらうことにより調査人役削減効果と高精度情報の実感も持ってもらうことも目的とした。

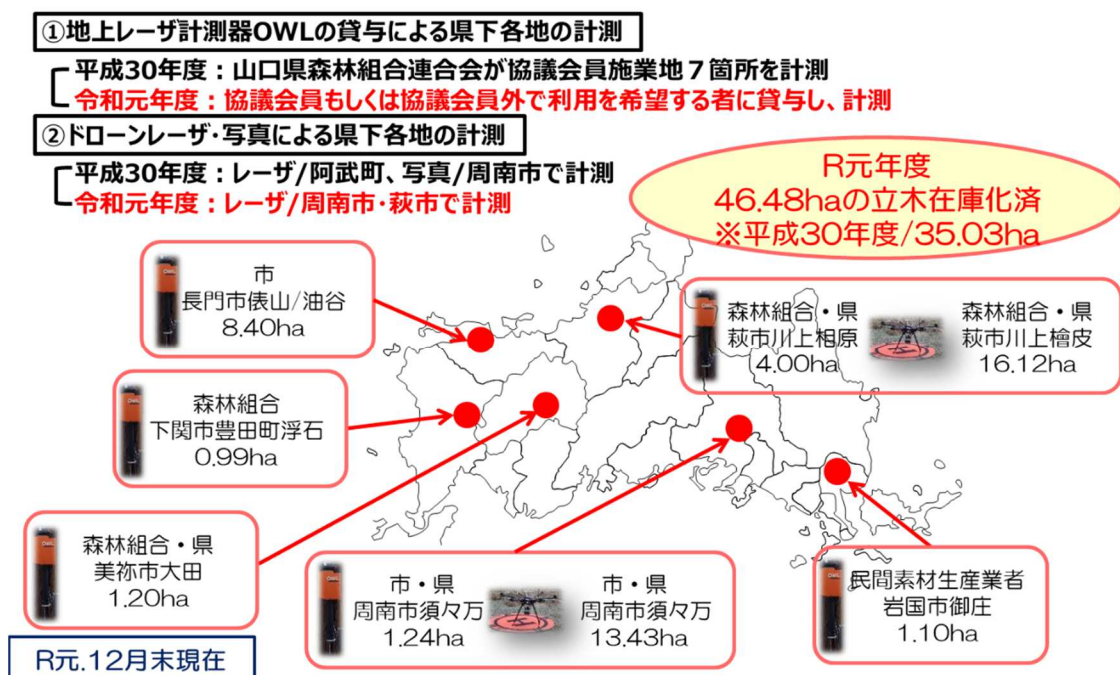


図 4-25 山口県下各地のスマート林業機器による立木在庫化

ドローンレーザ計測による主伐団地の設定を表 4-29、図 4-26 の通り行った。レーザデータを活用して施業計画の策定、路網の検討、現地踏査などを行った。

表 4-29 主伐団地の設定に向けて取得したデータ

使用した測定器・ソフトウェア	取得したデータ
ドローンレーザ	○ベクタデータ ・資源情報データ(樹頂点、樹高、胸高直径) ○ラスタデータ ・地形データ(DEM データ) ・オルソ画像
路網設計支援ソフト(FRD)	上記、ドローンレーザの DEM データを解析して ○ベクタデータ ・路網線形案

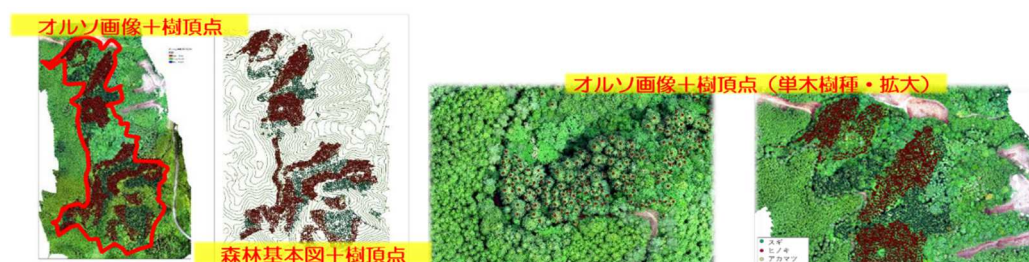


図 4-26 主な取得データ

ドローンレーザデータの森林資源解析を行った資源集計データを表 4-30、森林簿データを基にした資源集計データを表 4-31 に示す。実際に本データを利用した事業者が感じた利点としては、「どこに・どのくらいの資源があるか。」「施業場所が明確に選定できる。」「机上で高精度情報(DEM など)があるため、現地踏査も効率的になる。」との意見があった。課題としては「費用対効果」、「活用できる人材の育成」が利用者からあげられた。

あわせて、ドローンレーザにより取得した高精度の DEM データを活用して路網設計支援ソフト「FRD」で路網設計案も作成した。現地オペレータからは、作成した線形案について、「概ね良い場所を通っている」、「道が安価でできても、搬出しやすいルートでないと、木材生産のトータルコストは高くなる」などの意見があった。また、表 4-32 のとおり、ドローンレーザと現地プロットの比較を行い、精度も検証している。

表 4-30 ドローンレーザ解析結果（森林資源集計表）

樹種	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	合計材積 (m3)
スギ	46.0	25.4	3,809.7
ヒノキ	26.6	18.0	3,546.2
アカマツ	38.6	18.7	291.6
計			7,647.5

表 4-31 森林簿データを基にした資源集計

樹種	平均胸高直径 (cm)	平均樹高 (m)	合計材積 (m3)
スギ	—	—	3,157
ヒノキ	—	—	3,306
アカマツ	—	—	417
計			6,880

表 4-32 ドローンレーザ解析結果（現地プロット比較）

	樹種	ID	胸高直径 cm					樹高				
			実測 (a)	レーザ (b)	差 (b-a)	差 (絶対値)	誤差率 1-b/a	実測 (a)	レーザ (b)	差 (b-a)	差 (絶対値)	誤差率 1-b/a
1	ヒノキ	15054	18.3	21.9	3.6	3.6	-19.7%	15.6	14.9	-0.7	0.7	4.5%
2	ヒノキ	14896	20.5	22.1	1.6	1.6	-7.8%	15.8	15.1	-0.7	0.7	4.4%
3	ヒノキ	14858	18.8	22.3	3.5	3.5	-18.6%	15.8	15.1	-0.7	0.7	4.4%
4	ヒノキ	14921	23.4	23.7	0.3	0.3	-1.3%	16.5	16.1	-0.4	0.4	2.4%
5	ヒノキ	15082	15.2	20.4	5.2	5.2	-34.2%	13.9	13.9	0.0	0	0.0%
6	ヒノキ	15106	22.6	22.2	-0.4	0.4	1.8%	15.5	15.1	-0.4	0.4	2.6%
平均			19.8	22.1	2.3	2.4	-13.3%	15.5	15.0	-0.5	0.5	3.1%
最小値			15.2	20.4	-0.4	0.3	-34.2%	13.9	13.9	-0.7	0.0	0.0%
最大値			23.4	23.7	0.3	0.3	1.3%	16.5	16.1	-0.4	0.4	2.4%

2) 現地調査・施業集約にかかる人件費を 30%削減

地上レーザ計測器 OWL での計測による「立木在庫の見える化」を今後も山口県内に水平展開していくために、また、現地調査の省力化を実現するために、OWL での計測が「効率的になっているのか」、「従来型の毎木調査と比べて精度がどうなのか」について事務局による検証を行った。

作業効率について、除伐の有無や様々な地形条件等での複数の調査プロットについて、OWL での計測、人力による毎木調査を比較した（表 4-33、表 4-34）。その結果、平均約 5 割の人件費削減効果があることがわかった。

表 4-33 作業員 2 名で除伐をしなかった場合の削減効率についての比較

地上レーザ計測(a)															実測(b)										効率 (a/b)	
調査地	樹種	調査日	面積		本数	実測時間	OWL設置		解析時間	haあたり		1本あたり		1箇所あたり		調査日	面積		本数	実測時間	haあたり		1本あたり		計測時間	計測時間
			ha	本			h:m	箇所		m:s	h:m/ha	h:m/s/本	h:m/s/箇所	ha	本		h:m	箇所			h:m/ha	h:m/s/本	h:m/s/箇所			
A	スギ	2019/5/13	1.08	1041	5:00	140			4:37	0:00:17	0:02:09					2019/8/8	0.13	122	2:30	19:13	0:01:14	24.1%	23.4%			
B	ヒノキ	2019/11/15	0.09	98	0:33	25			6:06	0:00:20	0:01:19					2019/11/28	0.09	98	1:29	16:28	0:00:54	37.1%	37.1%			
C	スギ	2019/12/4	0.10	147	1:10	32			11:40	0:00:29	0:02:11					2019/12/13	0.10	147	3:30	11:00	0:01:26	33.3%	33.3%			
D	ヒノキ	2020/2/5	0.05	41	0:14	11	1:57		4:40	0:00:20	0:01:16					2020/2/6	0.05	41	0:48	16:00	0:01:10	29.2%	29.2%			
E	ヒノキ	2020/2/6	0.07	43	0:21	15	2:27		5:00	0:00:29	0:01:24					2020/2/6	0.07	43	0:38	9:02	0:00:53	55.3%	55.3%			
平均									6:24	0:00:23	0:01:53										19:09	0:01:07	35.8%	31.3%		

表 4-34 作業員 3 名で除伐をした場合の比較

区分	地上レーザ (OWL)		毎木調査
	除伐なし	除伐あり	
haあたり	人件費 (円)	16,800	33,600
換算	削減費 (円)	73,200	56,400
	削減率 (%)	81	63

注) 人件費は、haあたり作業員人数に労務単価12千円を乗じて算出

区分	地上レーザ (OWL)		毎木調査
	除伐なし	除伐あり	
作業人数 (人)	2	3	3
プロット	作業時間 (分)	52	65
	作業効率 (時間) (%)	279	223
	作業時間 (時)	5.6	7.4
haあたり	作業効率 (時間) (%)	359	272
換算	作業員人数 (人)	1.4	2.8
	作業効率 (人時) (%)	538	272

注) 作業員人数は、haあたり作業員人数で時間/日で除し、作業人数を算出して算出

次に、OWL での計測結果に大きく影響を及ぼすとされている灌木が生育している箇所（図 4-27）で、除伐の強度を変えることによる、OWL の精度評価を実施した。評価は、プロット内（約 0.1ha）で、人力による毎木調査と 3 段階（除伐前、測点間のみ除伐、除伐後）での OWL の計測を行った。精度評価の結果を表 4-35、表 4-36 に示す。結果として、除伐前では結合ができず、軽除伐で結合はできたが、一定程度の誤差が生じることがわかった。また、除伐を行えば、従来の方法とほぼ立木位置、胸高直径ともに変わらないという結果となった。軽除伐では、図 4-28 に示す通り、樹木誤認や灌木を含む複数の立木を 1 本と認識、立木として結合しないなどが誤差が生じた原因だと考えられる。

今後、OWL を計測するユーザーや結果を使用する用途により求める計測結果の精度も異なってくるため、上記の結果は、事務局により周知を行っていく。また、今後も一般の

素材生産業者等に普及を行っていくために事務局が「自前で」削減効果等を研究・調査し、「段階的に」実践・周知を行っていく。あわせて事務局を通して「より使いやすくする工夫」や調査・分析テーマを収集していくようにすることとしている。



図 4-27 除伐の強度による OWL 精度評価プロット箇所

表 4-35 軽除伐と除伐後の精度比較

	軽除伐	除伐後
立木本数[本]	87	97
立木密度[本/ha]	934	1053
平均直径[cm]	29.6	26.2
平均樹高[m]	17.4	18.1
平均枝下高[m]	11.5	13.2
総材積[m3]	55.9	51.4

表 4-36 除伐強度による精度評価結果

除伐強度	精度評価の結果
除伐前	結合不可
測点間のみ除伐	データは結合・解析できたが誤差が一定程度生じる（DBH/2 cm程度）
除伐後	立木位置、胸高直径に大きな誤差なし

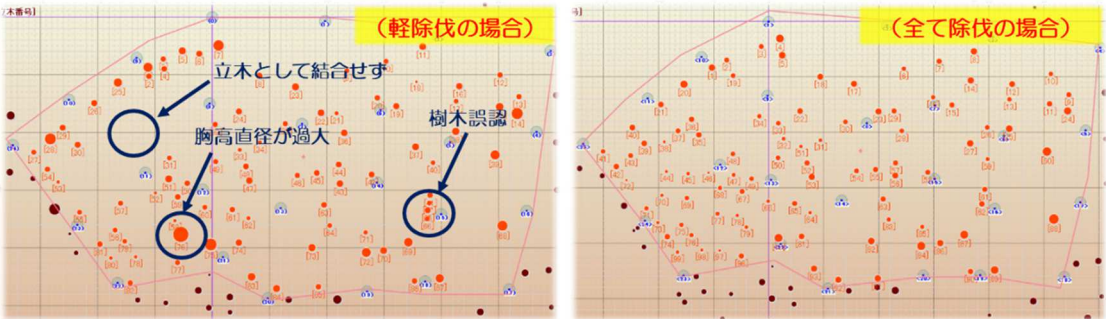


図 4-28 OWL 解析後の図上比較

(2) 生産現場の見える化・原木在庫の見える化による経営効率化（経営の効率性・採算性の向上）

日報管理システムやハーベスタ採材システム、GNSS など最新の IoT 技術を導入することにより、進捗管理の業務を省力化、それぞれの作業者の工程や現場ごとの人工数を分析することができるようになることから、「生産現場の見える化」、「生産コストの適正化」等の実施を目指すとしている。また、OWL の計測結果など「立木在庫の情報」やハーベスタの採材システムなど「原木生産現場の情報」と原木の需給情報や供給実績をインターネット上で確認できる「山口原木 SCM システム」の構築を行い、円滑な原木の供給体制を目指すこととしている。

今年度は、「生産現場の見える化」についてハーベスタの採材システム（iLogger Value Bucking）のデモを実施して、検討を行った。また、日報管理、山土場管理システム、現場 IoT 機器（GNSS 主体）による造材木位置情報を分析することにより現場作業効率の改善を目指すこととして、今年度から着手しており、来年度に本格的な実証と分析を行うこととしている。

山口県原木 SCM システムについては、既存システムを改良するために、システムの主体となる県森林組合連合会、アドバイザーである山口県経済学部の藤田准教授、事務局による作業部会を令和元(2019)年 12 月末までに 5 回開催し、スマート林業機器等を活用しながら構築する山口県原木 SCM システムの方向性を議論した。当初は、スマート林業機器で取得したデータをそのまま SCM システムで活用することを想定していたが、部会での議論を通して、図 4-29 に示す通り、県森林組合連合会を中心とした情報収集・発信体制を明確にするシステムとなった。また、林産情報も図 4-30 に示す通り、スマート林業機器情報をそのまま記載するのではなく、データをまとめて記載することとした。令和 2(2020)年 3 月上旬を目途に一定機能を有したシステムを協議会員に公開予定である。



図 4-29 山口県 SCM システムの概要

アップロードした供給情報は、会員名・担当者名を除き、
全ての者が閲覧可

■ 林産情報【登録画面】※打込画面/供給者が自由にアップロード可能 ※必須項目で絞込

会員名：〇〇製材 担当者：〇〇係長

出材時期（必須） 年 月 ~ 年 月

出材予定共販所（必須） ※岩国、周南、山口、福栄の選択肢

出材予定樹種（必須） ※スギ、ヒノキ、マツ、広葉樹、その他（記載可能欄を追加）

林齢（必須） 年生 ~ 年生 ※20年生から60年生までの1年刻み

伐採地域（必須） 市町 ※「字」まで記載する旨を注記

出材予定量（必須）＜用材＞	スギ		m3	＜バイオ＞	スギ等		t
	ヒノキ		m3		ヒノキ等		t
	マツ		m3		マツ等		t
	広葉樹		m3		広葉樹等		t
	その他		m3		その他		t

※出材予定樹種により一部非表示とする

主要規格（任意） ※柱3m、合板4m等の選択肢

スマート林業機器情報（任意） ※pdf、excel（csv含む）、wordを貼付可能

掲載時期（必須） 年 月 日 ~ 年 月 日

○ ＜需要＞の発信

■ 短期（緊急）需要情報【注文画面】※打込画面/需要者が必要に応じてアップロード

会員名：〇〇製材 担当者：〇〇係長

需要時期（必須） 年 月 ~ 年 月

※1カ月でもエラーにならないような仕様とする

必要予定樹種（必須） ※スギ、ヒノキ、マツ、広葉樹、その他（記載可能欄を追加）

主要長級（必須） m ※2m、3m、4m、5mの選択肢

主要径級（必須） cm ~ cm
※14m~28cmまでの2cm刻み選択肢

性状（必須） ※直、やや曲り、曲りの選択肢

所要材積（必須） m3

需要地域（必須） 市町

掲載時期（必須） 年 月 日 ~ 年 月 日

希望価格（必須） 円

※アーカイブ機能の利用は県森連のみ

備考

※複数入力を可能とする

図 4-30 山口県 SCM システムの登録情報の一例
（上：原木供給側、下：原木需要側）

4.6. 熊本県（2年目） 球磨地区中央林業活性化協議会

球磨地区中央林業活性化協議会の取組について、同協議会のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成30年4月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和2年2月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.6.1. 地域協議会の取組概要

(1) 取組目標

球磨地区中央林業活性化協議会が事業を行う地域（人吉市、錦町、あさぎり町、山江村）では、担い手の減少や高齢化、木材価格の低迷等による林業経営意欲の減退等により、保育・間伐等の適正な施業及び管理が行われていない森林や、伐採後に造林が行われない森林の増加が懸念される状況にある。

球磨地区中央林業活性化協議会では、高精度森林情報をクラウドで整備し、様々なシステムと連携し施業集約計画の効率化、現場進捗管理、需給のマッチングの効率化等を図ることで、生産・流通段階の作業の効率化を目指している。

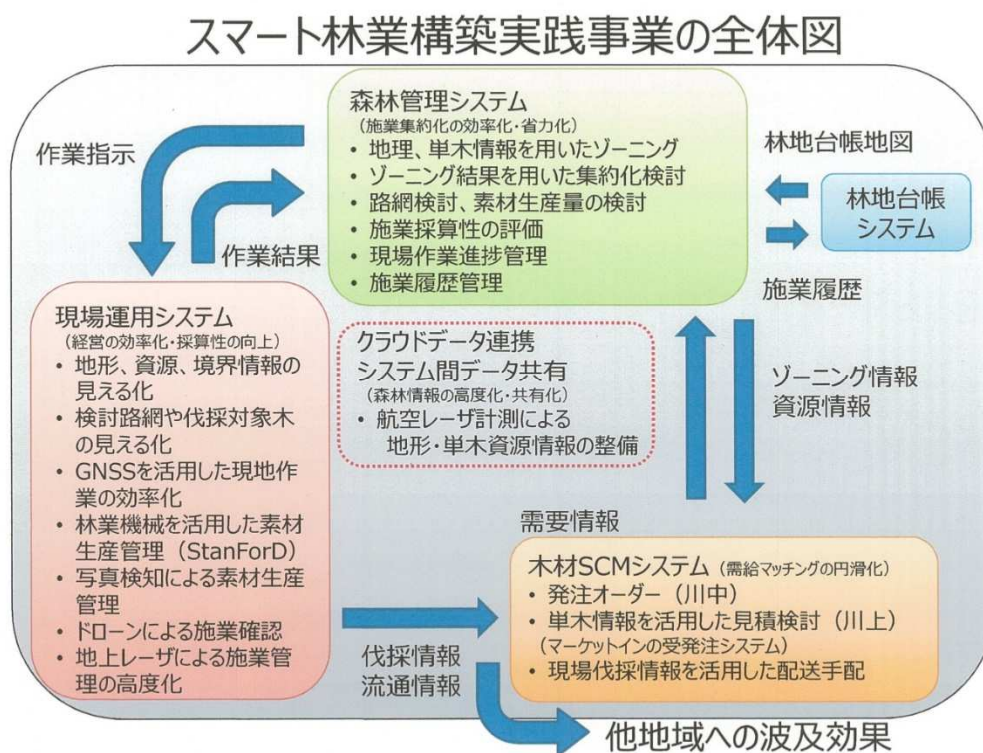


図 4-31 球磨地区中央林業活性化協議会の全体図

表 4-37 球磨地区中央林業活性化協議会の実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標（数値）
施業集約化の効率化・省力化	○森林組合等において、航空レーザ解析で得た地形・単木情報を活用し、効率的な施業集約化を行う。森林 GIS で路網検討や素材生産見積りを行い作業効率化を図る。 ○市町村が行う森林所有者説明会において、施業内容の見える化等わかりやすい資料作成。	①間伐施業における集材方法の机上検討 ※現況 15,000 円/人日→0 円 ②森林経営計画の見直し ※市町村及び林業事業体 10,000ha ③森林クラウドを活用した施業集約化実施 ※林業事業体 100ha
経営の効率性・採算性向上	○森林組合等においてスマホ等の現場運用管理システムを活用し、現場と事務所双方のシームレスな情報共有を行う。 ○丸太検知アプリ等を導入し、素材流通にかかるコスト削減を図る。	①赤色立体図を活用した搬出路開設の検討 ※現況 10 人日→6 人日 ②毎木調査費の削減 ※現況 15～20 人日/10ha→現地踏査 1 人日 ③林業機械から得られる情報や山元土場の情報を迅速に取得し効率化を図る。
需給マッチングの円滑化	○森林組合等において木材 SCM を活用し、素材生産量の計画を立てマーケットイン型の素材生産体制の確立を目指す。 ○ヒノキの安定供給先を調査し、各地の大型製材所の情報収集を行う。 ○直送システムの検証を行い素材流通コストの削減を図る。	①マーケットイン型の素材生産体制の確立 ②航空レーザ計測データを活用した直送システムの構築 ※はい積み料・市場手数料等の削減 ※航空レーザ計測データ活用により樹種別蓄積量と植生場所の特定ができるため安定供給ができ、大型製材所への直送の仕組みが可能になる。
森林情報の高度化・共有化	○4 市町村は航空レーザ計測データ解析により、高度な森林情報を取得した森林クラウドを活用。 ○林業事業体は森林クラウドを活用し森林経営計画を進める。	①4 市町村において航空レーザ計測データ解析を行い、単木レベルでの森林資源情報の整備を行う。 ②タブレット端末による現場情報を森林クラウドに反映。 ③森林クラウドで伐採届や施業履歴も管理。

(2) 地域協議会の構成

球磨地区中央林業活性化協議会は、表 4-38 に示す通り、県、市町村、民間の事業体等、大学の 12 者により構成されている。また、オブザーバーとして、熊本南部森林管理署（国有林）が参加している。

表 4-38 球磨地区中央林業活性化協議会の構成

区分	所属	職名
県	熊本県南広域本部 球磨地域振興局	農林部長
市町村	人吉市	市長
	錦町	町長
	あさぎり町	町長
	山江村	村長
林業事業体・ 原木市場・製 材工場等	くま中央森林組合	代表理事組合長
	有限会社足達林業	代表取締役
	有限会社石松樹苗園	代表取締役社長
	株式会社くまもと製材	総括部長
	株式会社人吉素材流通センター	専務取締役
	肥後木材株式会社	人吉支店長
大学	鹿児島大学	農学部農林環境科学科 教授

4.6.2. 今年度成果

(1) 施業集約化の効率化・省力化

1) 森林経営計画の見直し実証

森林経営計画は通常、都道府県が調製する森林簿を基に作成することが多いが、森林簿の精度が不十分であることが多く、現地と計画が乖離することがしばしば発生する。球磨地区中央林業活性化協議会の対象エリアでは、航空レーザ計測で得られた詳細な地形情報・単木情報等が整備されているため、森林経営計画の実効性を高めるために、今回、航空レーザ計測データを基に森林経営計画を作成する実証を行った。

実証は、航空レーザ計測データから既存の森林経営計画に落とし込むデータをアジア航測株式会社が作成支援し、くま中央森林組合等が計画を作成した。

表 4-39 航空レーザ計測データを活用した森林経営計画作成の実証内容

実施値	実証期間
1,200ha	R1.9～R1.12（3か月間）

実証結果としては、**作業時間が約 30%の削減**となったが、これは森林簿から森林経営計画を作成する場合は、除地確認等のための現地調査が必要になることに対して、航空レーザ計測データを用いると、現地確認の必要はほぼ無くなることが主因である。

表 4-40 航空レーザ計測データを活用した森林経営計画作成の実証結果

作業項目	作業人員	作業時間	軽減率
従来手法	1人	3日	
本手法	1人	2日	- 30%

あわせて、森林経営計画に記載が必要である樹種別面積・（立木）材積について、航空レーザ計測データと森林簿データの比較を行った。

結果、樹種別面積としては、スギとヒノキが逆転している団地が存在することや、広葉

樹その他の面積が、全ての団地において航空レーザ計測データの方が、大きくなることが判明した。材積については、総材積は面積に差異があるため比較不能であるが、ha 当たり材積については、特にスギについて、航空レーザ計測データの方が大きくなることが判明した。

一般的に航空レーザ計測データは、完全ではないものの、その誤差が少ないことが国や自治体でも様々に実証実績がなされており、現実林分のデータに近いことが想定される。そのため本実証により、森林簿の精度に課題があり、航空レーザ計測データを基に森林経営計画を作成することの有効性が明らかになったと言える。

一方、森林経営計画は、造林補助事業や保安林等制限林許認可申請との整合が求められるため、市町村だけでなく熊本県庁とも連携し、実務の課題について抽出・調整する必要がある。

表 4-41 航空レーザ計測データと森林簿データの比較（樹種別面積・材積）

林班	計画対象森林面積 (ha)	計画面積 (ha)	レーザ計画						森林簿（2013）					
			スギ面積 (ha)	スギ材積 (m)	ヒノキ面積 (ha)	ヒノキ材積 (m)	広葉樹その他 (ha)	ha当たり材積	スギ面積 (ha)	スギ材積 (m)	ヒノキ面積 (ha)	ヒノキ材積 (m)	広葉樹その他 (ha)	ha当たり材積
36	131.34	113.97	19.39	8,912	65.95	19,976	28.63	253.47	34.68	14,502	52.68	17,297	27.29	279.01
37	121.42	90.17	46.8	12,804	27.85	10,633	15.52	259.92	25.16	10,201	51.49	22,513	9.39	362.80
40	105.49	83.29	58.32	24,158	21.16	7,298	3.81	377.67	59.99	19,926	18.3	9,303	3.02	350.93
41	109.17	107.13	76.57	39,580	20.45	9,020	10.11	453.65	89.4	27,337	15.92	6,103	3.85	312.14
47	104.96	101.61	66.92	22,528	15.83	5,576	18.86	276.59	71.07	22,533	18.14	6,727	11.56	287.96

2) 施業集約化説明会の実証

林業事業体が施業地の確保を目的として集約化を推進するためには、森林所有者に対する説明会を適宜開催する必要がある。また、同時に実施する、施業の同意を得るための現地確認については、森林所有者の高齢化や、スケジュール調整の困難さにより、円滑に進めることが困難な状況にある。

そのため当協議会では、詳細な地形情報や森林資源情報を有する航空レーザ計測データを用いて、施業集約化説明会の際に、現地確認を補完する森林現況の説明についての有効性を実証することとした。

会合での説明は、くま中央森林組合が行い、市町村は、準備段階の名簿作成や文書発送及び補足説明を行った（図 4-32）。資料の作成はアジア航測株式会社が支援し、レーザ林相図や微地形表現図（赤色立体図）、RICOH THETA（株式会社リコー）を使った 360 度パノラマ写真の VR 等を用いて、参加者にわかりやすい説明を心がけた。

表 4-42 施業集約説明会の実証概要

集約化説明会 実施回数	集約化対象面積	R1 年度集約化 実施面積	集約化目標面積	実証期間
3回	40ha	12ha	100ha	R1.5～R1.11 (6か月間)

結果、人吉市では11人が参加し、アンケートにおいて全員より「現場に行かなくても現場状況がわかりやすかった」、「現在の技術に驚いた」等の好意的な意見が出された。

一方、説明会自体の反応は良かったが、間伐希望や立木販売希望の混在、現場の状況が雑木が多く認識と違う等、共有林ごとの意見がまとまらず施業同意にまでに至らなかった地域が存在した。

ただし、参加者にとって現場の状況が正確に認識可能であるため、共有林内の意見集約や意識改革に役立つ部分もあることや、個別に対応する際の作業道開設等への理解を求め

やすい利点もあることにより、今後も引き続き施業集約説明会での ICT 利活用を推進していきたい。



図 4-32 施業集約説明会の様子

(2) 経営の効率性・採算性向上

1) 毎木調査費削減の実証

今後、協議会が対象とする区域においては、主伐がさらに進むことが想定される。

一般的に主伐は、森林所有者から素材生産事業者等の林業事業体が立木を購入することによって実行されることが多い。そのため林業事業体にとって、立木購入の際に実施する毎木調査・森林評価の効率を向上させることが、準備コストの削減に寄与することになる。

また、森林所有者による主伐跡地の再造林を推進するためには、森林所有者が適正な価格で自身の立木を販売することが必要であり、そのためには森林所有者自身（または第三者）による適正な立木販売価格の評価が必要である。

これらの課題を解決するためには、森林所有者・林業事業体双方にとって、航空レーザ計測データに由来した詳細な森林資源情報の利活用が有効である。

協議会では、立木評価時の航空レーザ計測データの有用性を確認するために、実際の主伐地の毎木調査を実施し、当該区域における航空レーザ計測データとの比較検証を行った。

実証は、人吉市有林の 4.45ha の主伐地で実施し、毎木調査により算出した材積と航空レーザ計測データから算出した材積、及び森林簿からの材積の比較を実施した。

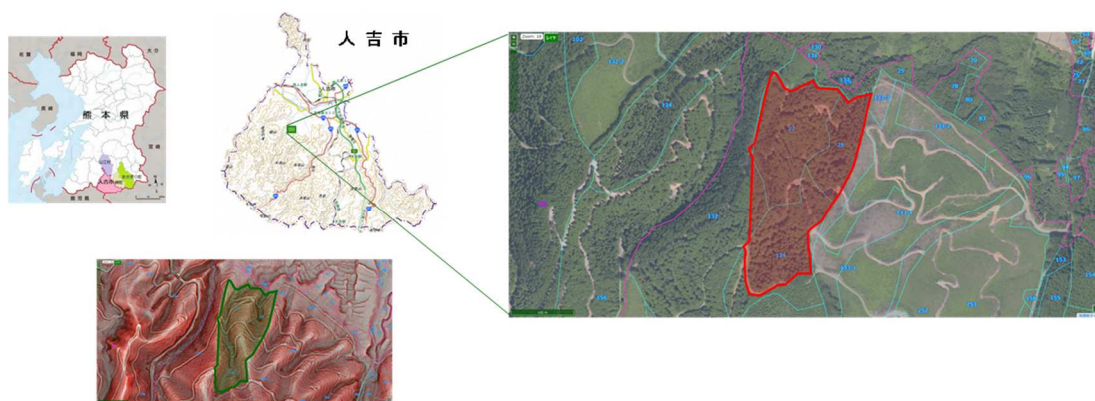


図 4-33 毎木調査費削減の実証地

実証結果としては、毎木調査による材積は 1,650 m³、航空レーザ計測データによる材積は 1,800m³ となり、およそ 10% 航空レーザ計測データが多い結果となった。なお、森林簿から算出した材積は 2,300 m³ となり、毎木調査と比較して約 40% 多い結果となった。

今年度設定した目標値誤差としては±10%以内としたため、十分活用可能な実証結果であると言える。

ただし、今回は、主伐地に谷が少なく、また比較的曲がりや二股が少ない好条件の現場であったことも、誤差が少なかった要因と言え、様々な条件での精度を再確認する必要がある。

そのため、今後、協議会に属する市町村有林における、予測精度並びに毎木調査費削減効果に関する実証を継続し、実導入に向けてのサンプルを増やしていきたい。

また、本手法の作業人件費は 0 円としているが、主伐面積にかかわらず机上での作業人件費がかかってくるため、1 人～2 人×1 日～2.5 日かかる場合に削減効果がおおよそ 50%～90%見込まれる。さらに、レーザ計測・解析経費として 3,000 円/ha にかかるため、4.45ha では 13,350 円の経費を考慮する必要がある。

表 4-43 毎木調査費削減の実証結果

主伐面積	調査方法	調査立木材積	レーザ計測立木材積	森林簿立木材積	実際の出荷材積	実証期間
4.45ha	毎木調査	1,650m ³	1,800m ³	2,300m ³	1,146m ³	R1.7～R1.12 (5か月間)
従来手法		本手法		1haあたりの労務費		削減効果
4人×2.5日×15,000円 = 150,000円		0円 (ただし、机上での作業人件費等がかかってくる)		150,000円÷4.45ha ≒33,700円		おおよそ50%～90%削減

(3) 需給マッチングの円滑化

1) スギ・ヒノキ直送の実証

協議会の対象区域は、他地域に比して原木取引における原木市場のシェアが依然として高い地域である。一方、木材サプライチェーンにおける物流コスト削減を目指すためには、原木市場経由の物流の一部を、需要先への直送方式に移行することが有効である。

このことは原木市場にとっても、商流には従来どおり関与しながら、限られた市場スペースの有効活用やはい積み作業の人員不足の解消につながるため、取扱数量拡大のための方策として有効であると考えられる。

この原木の直送方式を推進するためには、山土場での検知の効率化や在庫管理・物流管理の高度化が求められるが、これらの課題を解決するための ICT 導入効果の実証を行った。

実証は、人吉市有林（4.45ha）の主伐材をくま中央森林組合へ委託しスギ・ヒノキの末口 24 cm以上 40 cm以下をくまもと製材株式会社へ直送した。検証項目としては、市場手数料等の削減や他の経費増の発生の有無、予測材積値と実材積値の比較等を行った。また測定機器としては、丸太検知アプリ（iFovea）を山土場のはい積みで活用し、実務への有効性をあわせて検証した。

表 4-44 スギ・ヒノキ直送の実証内容

主伐面積	直送先	直送条件	実証期間
4.45ha	くまもと製材(株)	スギ・ヒノキの末口24cm以上40cm以下	R1.7～R1.12（5か月間）



図 4-34 丸太検知アプリ (iFovea) での写真検知状況

実証の結果、直送によるコスト削減効果として、市場手数料は、780 円 ($13,000 \text{ 円/m}^3 \times 6\%$) の削減、はい積み料は、 $1,000 \text{ 円/m}^3$ の削減となったが、手検収料 200 円/m^3 の経費増となった。

実際には、通常の市場販売単価と直送の売上単価に差があるため、今回の場合はトータルでは **820 円/ m^3 の削減**となった。目標値は 580 円/m^3 の削減であったため、達成する結果となった。

一方、一部の径級は直送で効果が見込まれるものの、伐採地で発生する全ての径級を直送可能とする販売先の確保ができていないことは、今後の課題と言える。

(今回の直送割合は、約 94%)

表 4-45 スギ・ヒノキ直送の実証結果

	予定数量	売上げ見込み	伐木費	集材費	造材費	運賃	はい積み料 (直送は手検 収料)	事業費計	組合手数料	市場手数料	経費合計	返却予想額
									5%	6%		
直送材		12,200円	500円	1,500円	2,500円	1,500円	200円	6,200円	610円		6,810円	5,390円
	300m	3,660,000円	150,000円	450,000円	750,000円	450,000円	60,000円	1,860,000円	183,000円		2,043,000円	1,617,000円
直送材を市売り にした場合		13,000円	500円	1,500円	2,500円	1,500円	1,000円	7,000円	650円	780円	8,430円	4,570円
	300m	3,900,000円	150,000円	450,000円	750,000円	450,000円	300,000円	2,100,000円	195,000円	234,000円	2,529,000円	1,371,000円

差額 246,000円

1mあたりの削減額 820円

末口径(cm)	出材(m³)	直送(m³)	直送割合(%)
22-23	36.879	4.93	13%
24-25	41.634	36.849	89%
26-27	53.523	52.374	98%
28-29	49.35	48.88	99%
30-31	48.78	48.06	99%
32-33	51.782	50.348	97%
34-35	44.753	37.476	84%
36-37	47.696	30.731	64%
38-39	33.649	16.021	48%
40-41	22.4	7.2	32%
42-43	21.353	1.587	7%
44-45	8.321	0.581	7%
		273.987	94%

また、丸太検知アプリ (iFovea) の実証としては、iFovea は径級を小さく認識する傾向が確認されたが、本数では同じとなった。結果、実際材積値に対する予想材積値の誤差±10%を見込んでいたが、誤差約17%となった。今回の実証では予想より若干大きい誤差となったが、操作に習熟していないこともあり、今後詳しく原因を検証し改善する必要がある。

計測本数 90 本の検知アプリの操作時間が、設定と撮影、撮影後の修正まででおよそ 10 分であり、県森連の手検収と同じくらいかかったものの、操作に熟練すれば検知にかかる時間は短縮されていくと予想される。操作に関しては、手検収と同じくらいの人工数がかかったものの、操作に熟練すれば所要時間は短縮されていくと思われる。

(4) 森林情報の高度化・共有化

1) 航空レーザ計測データ解析と講習会開催等

協議会対象区域では、本事業における情報基盤として、航空レーザ計測の解析を進めてきた。

具体的には、今年度 10,000ha の航空レーザ計測データ解析完了し、人吉市内のパソコンスクールや中小企業大学校人吉校にて、自治体向け（協議会構成 4 市町村担当者・国有林・県・林業公社等）と事業体向け（素材生産業者等の認定事業体）のシステム講習会を 3 回実施した。また、タブレットアプリ (ForestTorack) を活用し、森林現場の位置確認や調査地点・写真登録等を 1,000 箇所実施し情報共有化を図った。

結果として、まず自治体対象のシステム講習会開催により、当協議会の本事業における取組をアピールでき、情報の共有が可能となった。事業体対象の講習会では、システム操作研修に加え「そもそもスマート林業とは何か」から「儲かる林業とは」、「森林クラウド

ドとは何か」までに拡大した内容とし、素材生産業者等の事業体へスマート林業に対するアピールを行うことができた。

またタブレットアプリを活用し、4市町村で約250箇所の写真撮影を行い情報共有を図った。今後は撮影箇所を増やすとともに、システム講習会によって活用範囲が広がった林業事業体からの意見収集を図り、タブレット活用についてさらなる普及展開を行う必要がある。

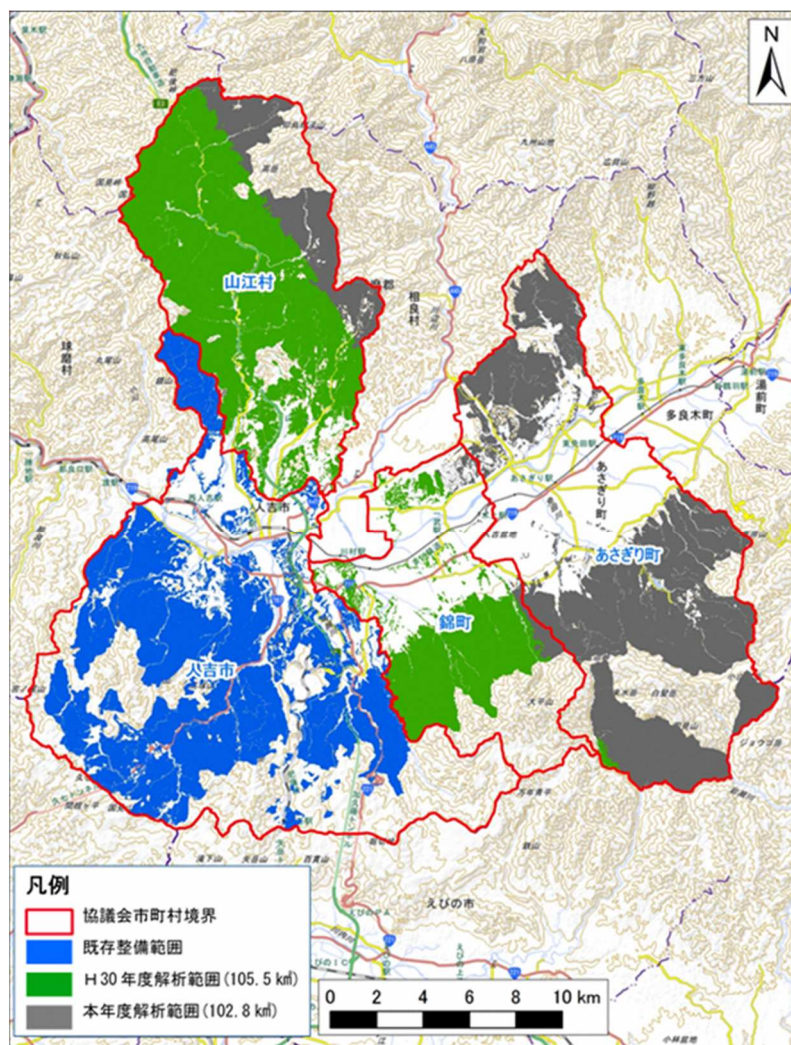


図 4-35 航空レーザ計測データ解析範囲

4.7. 福島県（1年目） いわき市持続可能な森林・林業推進会議

いわき市持続可能な森林・林業推進会議の取組について、同会議のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成31年4月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和2年2月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.7.1. 地域協議会の取組概要

(1) 取組目標

いわき市森林組合は、集約化と共に SGEC 森林認証を取得した 6,793ha の森林管理を受託しており、あわせて境界明確化も進めている。一方で、認証林から生産される 5,000m³のうち CoC 認証取得済みの流通経路を通る材は 3,000m³に限られている。図 4-36 に示す通り、「認証林からの材をすべて認証材にしたい」という川上の課題と、効率的な集材・運材の必要性や認証材の安定供給など川中・川下の課題への対応もあわせて表 4-46 に示す目標を掲げている。

事業の内容及びスケジュールを図 4-37 に示す。

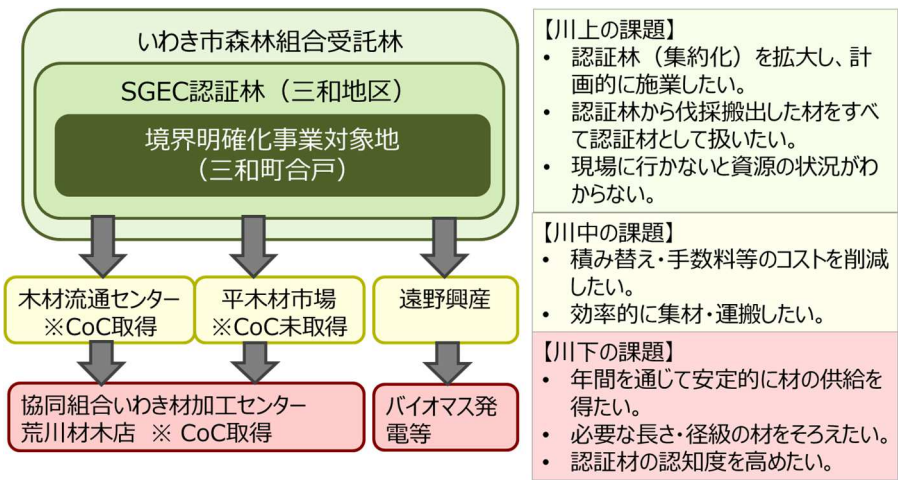


図 4-36 地域の現状と課題

表 4-46 実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標(数値)
森林情報の高度化・共有化	みちびき対応受信機による情報収集 タブレット等による伐採・搬出情報収集 車載機・タグ等による情報収集	森林認証材の取扱量を、年間 5,000m ³ に拡大する(平成 30(2018)年度は 3,000m ³)
経営の効率性・採算性向上	森林認証 SCM の検討・基盤構築 伐採搬出情報の把握 輸送から加工までの情報把握	伐採搬出から輸送におけるコストを 1 割削減する(情報共有・運送時のコスト削減)



	2019年度（G空間情報の活用）	2020年度（伐採搬出の効率化）	2021年度（輸送・加工の効率化）
経営の効率性・採算性向上	森林認証SCMの構築 境界・資源情報共有による効率性・採算性向上（紙・電話等 ⇒ クラウド） 目標：コスト1割削減（情報共有）	伐採搬出情報の把握 伐採搬出の情報共有による効率化（人員・作業の把握、最適な採材等） 目標：コスト1割削減（伐採搬出）	輸送から加工までの情報把握 トレーサビリティの確保による効率化（証票共有化・輸送経路最適化等） 目標：コスト1割削減（輸送加工）
森林情報の高度化・共有化	基盤情報を共有するシステム構築 みちびき対応受信機による情報収集	伐採・搬出情報を共有する機能追加 タブレット等による伐採・搬出情報収集	トレーサビリティ確保の機能追加 車載機・タグ等による情報収集

図 4-37 事業の内容及びスケジュール

(2) 地域協議会の構成

いわき市持続可能な森林・林業推進会議は、図 4-38 に示す通り、いわき市森林組合、いわき木材流通センター、木材製材協同組合（(株)荒川材木店ほか）、遠野興産(株)、(株)平木材市場などを中心に 3 つのワーキンググループを作って検討を進めている。

当地域の特徴として、市域と森林組合管轄域、県振興局管轄域が同一であり、連携しやすいことがあげられる。これまでの経緯から、川上～川中～川下での合意形成が進んでおり、課題の共有ができてきている状態から取組がスタートしている。

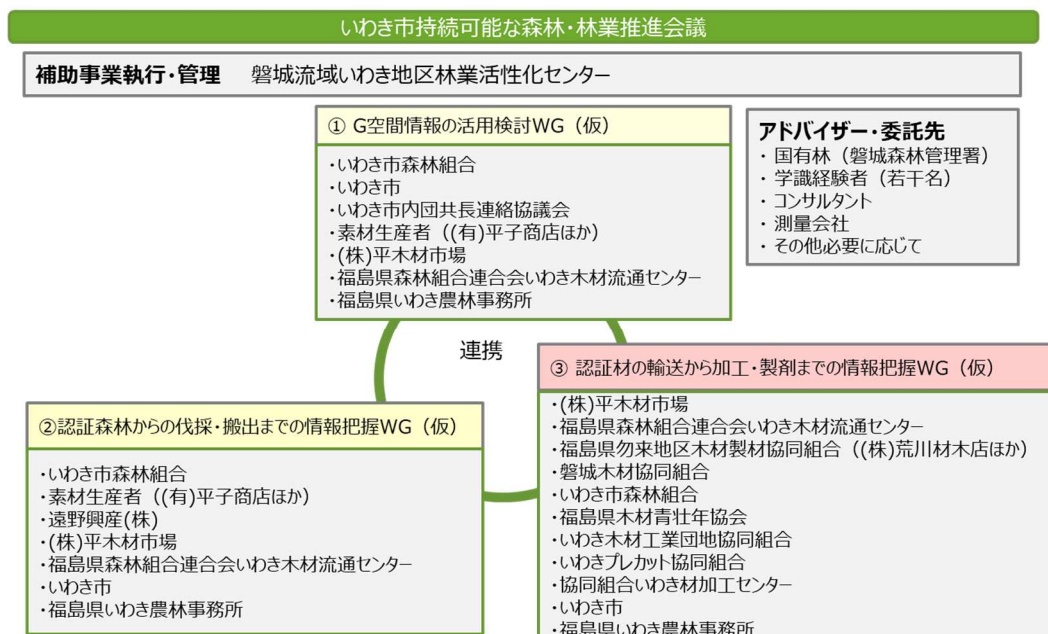


図 4-38 いわき市持続可能な森林・林業推進会議の構成

4.7.2. 今年度成果

(1) 森林情報の高度化・共有化

伐採搬出から輸送における流通コストを削減することを目標としており、その実現のため森林、土場、トラック等の位置情報を把握することが必要となり、図 4-39 のうち今年度は準天頂衛星「みちびき」の活用と森林クラウドの活用を主に実施している。

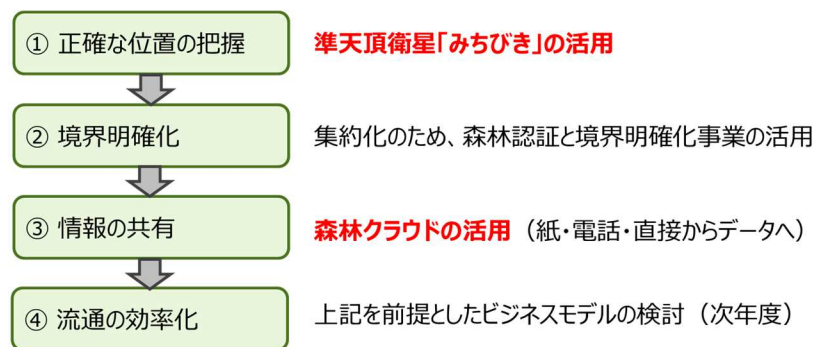


図 4-39 流通コスト削減に向けた計画

1) 準天頂衛星「みちびき」の活用

境界明確化の測量にみちびきを用い、GNSS¹測量精度の向上と測量手順の効率化を目的とした実証を行った。みちびき準天頂衛星システムとは、準天頂軌道の衛星が主体となって構成されている日本の衛星測位システム(以下「QZSS」という)である。

GNSS は 4 機以上の衛星で測位可能であるが、安定した位置情報を得るためにはより多くの衛星を捕捉することが望ましい。しかし、都市部や山間部ではビルや樹木等に電波が遮られて捕捉衛星数が減ること、またマルチパス²の影響により、位置情報が安定的に得られないことがあった。QZSS には様々な役割があるが、このうち森林地域での測位に関連すると考えられるものには衛星測位サービス、サブメータ級測位補強サービス、センチメータ級測位補強サービスがあり、各サービスの概要を表 4-47 に示す。

本実証では、受信機のコストを考慮した上で森林地域での精度向上の効果が期待されるサブメータ級測位補強サービスを対象とする。利用するみちびき受信機は図 4-40 に示す QZ1 を準天頂衛星システムサービス株式会社から借用した。なお、市販のサブメータ級測位補強サービスを利用できる GNSS には、3 万円～4 万円程度のゴルフ用製品などがある。

¹ Global Navigation Satellite System(全球測位衛星システム)の略称

² 電波がまっすぐに届くだけでなく、山やビル等に反射し複数のルートを通して伝播すること。反射した電波は、到達するまでにわずかな遅れを生じ、遅れの時間の分だけ「(距離が) 遠い」と計測され、正確な測位を乱す要因の一つになる。

表 4-47 QZSS 測位サービスの概要

サービス	概要
衛星測位サービス	QZSS から GNSS と同一周波数・同一時刻の測位信号を送信するサービス。 高仰角の QZSS から信号を送ることにより、マルチパスが起きにくくなること、衛星配置が偏り無く、4 機以上のなるべく多くの衛星が捕捉できるようになることから測位精度が向上する。
サブメータ級測位補強サービス	衛星測位による誤差を減らすため、電離層情報などの誤差軽減に活用できる情報のこと。サブメータ級補強を送信する L1S 信号は、一般に利用されている測位信号である L1C/A 信号と同じ形式の電波であるため、既存の受信機を改良することで受信することが可能。 このサービスは、主に歩行者・自転車や船舶などのタイムラグの影響を受けにくい利用者を想定している。
センチメータ級測位補強サービス	高精度な衛星測位を行うため、国土地理院の電子基準点のデータを利用して補正情報を計算し、現在位置を正確に求めるための情報のこと。センチメータ級測位補強を送信する L6 信号は、搬送波測位という測量技術による手法を用いるため、アンテナや受信機のサイズは大きくなることから、専用の受信機が必要になる。 このサービスは、測量、情報化施工（建設機械を高精度に操作して施工する手法）、IT 農業（農機を高精度に操作して農地管理をする手法）での利用を想定している。またカメラやレーザスキャナと同時に受信機を車載で利用する三次元計測システムで利用することが考えられる。



- 機能
 - 受信信号
 - ・GPS : L1C/A
 - ・QZS : L1C/A, L1S
 - ・GLONASS : L1
 - Liイオンバッテリー内蔵
 - ・MicorUSB 端子からの給電及び充電
 - 外部インターフェース
 - ・USB2.0
 - ・Bluetooth
 - QZ1 : Ver2.1 (SPP)
 - QZ1 LE : Ver4.0 (Bluetooth Low Energy)
 - データ出力
 - ・NMEA-0183
 - ・USB又はBluetoothより出力
- 性能
 - チャンネル : 24ch
 - 連続使用時間 : 約10H (満充電時、10℃以上)
3. 外形寸法・重量
 - 外形寸法 : 49.8×83.5×18mm
 - 重量 : 約65g



※ みちびき(準天頂衛星システム)ホームページ (https://qzss.go.jp/appli-demo/appli01_info.html) より
図 4-40 みちびき受信機 (QZ1) の概要

図 4-41 のとおり、従来の手法とみちびき受信機を用いた手法において、労務の効率化と位置精度を比較する。実証の結果、表 4-48 のとおり境界明確化に利用可能な精度で測量でき、従来手法と比較して **26.5%の労務削減**が可能とされた。

◆従来の手法

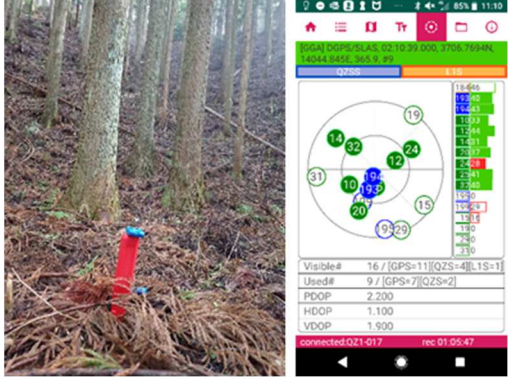
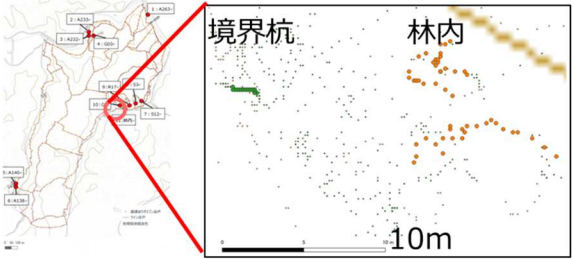
電子コンパスによる測量
↓
GPS等を用いて位置の取得
↓
専用ソフトウェアで電子化
↓
専用ソフトウェアでGISデータ化
↓
紙図面へ出力
↓
紙により提出・共有

◆今回実証する方法

みちびき受信機により位置を取得
↓
受信機の情報データをデータ化
↓
地域版森林クラウドに取込み共有

図 4-41 従来手法との比較

表 4-48 実証結果概要

サービス	概要	
実証地域	境界明確化事業対象地（三和町合戸）（約 90ha）	
実証方法	- 境界明確化の杭上での QZSS を用いた測位を 10 箇所実施。 - 電子コンパスでの測量と QZSS による測位との工数を比較。	
実証結果	- QZSS は林内・斜面でも常に 2～3 機を測位に利用できた。 [10 か所平均] GPS 利用数 6.6 QZS 利用数 2.4 PDOP 2.4 HDOP 1.2 - サブメータ級補正電波（L1S）は林内では受信しにくい、数分静置することで測位に利用できた。 1 点 6 分程度で測位可能。全域の想定工数 14 人日（杭数 698） <u>労務削減効果</u>：電子コンパス 19 人日に対し 5 人日の削減効果（<u>削減率 26.5%</u>）	 境界杭(緑): L1Sあり (計測幅2m程度) 林内(オレンジ): L1Sなし (計測幅10m程度) ※電子コンパスの測量結果は、さらに図上での位置合わせに時間を要した。

2) 地域版森林クラウドの実証

地域版森林クラウドを導入し、福島県が別途取得した航空レーザ計測データ、境界明確化成果等（図 4-42）を共有した。データの範囲は森林認証林を中心にいわき市全域（境界は境界明確化事業対象地のみ）を搭載し、アクセス可能な利用者は 7 団体（県・市・事業者等、今後は 12 団体程度を予定）としている。

また、スマートフォン、タブレット等で現地での利用も可能であり（オフライン対応可能）、現地でも精密な情報を参照できるとともに、現場に行けない森林所有者への説明ツールとして期待される。

なお、現場での利活用方法に関する説明会開催、システムの維持管理等については今後の課題となっている。

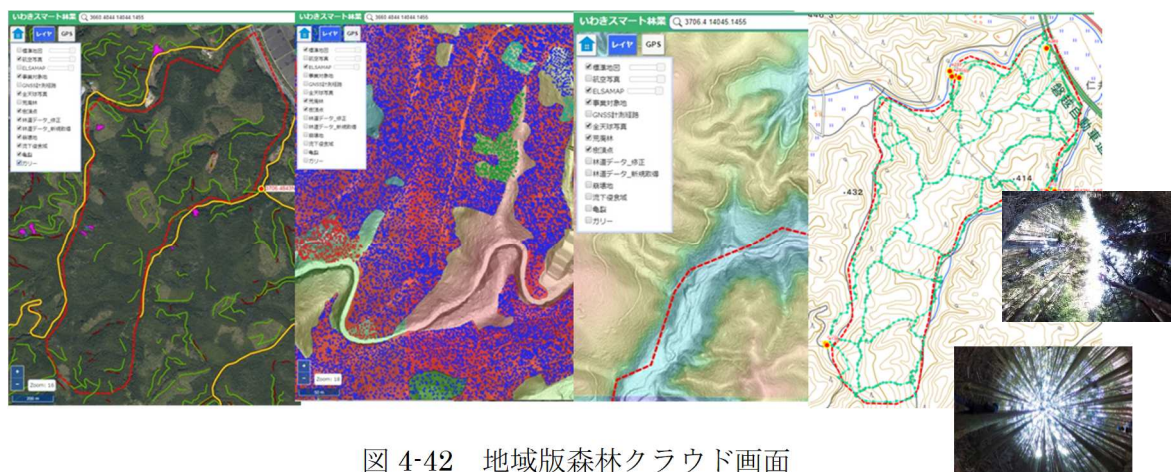


図 4-42 地域版森林クラウド画面

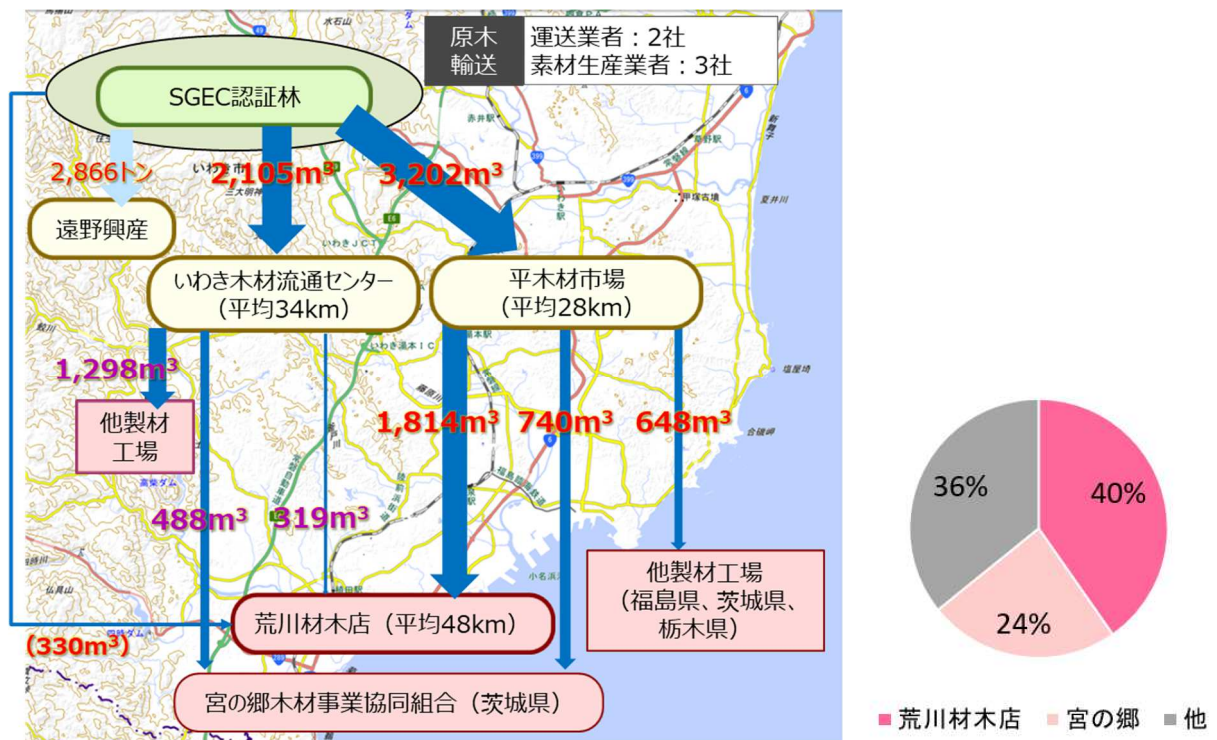
(2) 経営の効率性・採算性向上

今後の流通コスト削減を実現に向け、認証材の流通・輸送の現状を調査した。図 4-43 の通り、対象地区の認証材の 4 割近くが荒川材木店に流通（木質バイオマスは遠野興産に流通）していることがわかった。CoC 認証を取得していない平木材市場でも多くの認証林生産材が取引されている。

次に、表 4-49、表 4-50 に示すように、従来（木材市場経由）と直送との経費等を比較した。直送では山土場での径級仕分けの手間・直送運賃・直送事務費が掛かるが、従来方式での市場までの運賃・市場からの運賃・市場配列料と比較しても経費を削減することができた。平均販売額は、市場は全量受け入れの価格、直送では山土場で径級を仕分けた柱材の価格となっているが、直送先の全量受け入れも選木機があるため可能な状況である。

また、直送先の製材工場等からは「輸送経費の削減分は森林所有者の利益や再造林経費として還元することも検討したい」という声もあった。

今後はこの実証結果をもとに、ビジネスモデルを構築し、地域版森林クラウドの機能も拡張し、あわせて活用していくこととする。



※ 数値は、いわき市森林組合が令和元(2019)年1月から同年12月までに販売した認証材の数量。
 ※ いわき木材流通センターの内訳は、平成31(2018)年の実績割合から推計。

図 4-43 認証材の流通・輸送の現状

表 4-49 従来（木材市場経由）と直送との経費等の比較（単位：円/m³）

項目	従来方式（木材市場経由）	直送方式
費目	市場までの運賃、市場からの運賃、市場配列料、市場手数料	仕分け料（山土場）、市場手数料、直送運賃、直送事務費
平均経費計	4,370	3,184 (1,186 削減)
平均販売額 (木材規格)	10,000 (全て込み)	12,000 (柱材上)

※ 直送方式の販売額は、山土場で径級を仕分けしたことによる。

表 4-50 従来（木材市場経由）と直送の経費内訳（単位：円/m³）

項目	従来方式	直送方式	備考
仕分（山土場）		574	径級仕分け(61m³/日人、単価 35,000 円※¹)
運賃（山土場～市場）	1,700		28 km
市場手数料	700	480	販売額の 7%（直送 4%）
市場配列料	770		770 円/ m³
運賃（山土場～荒川材木店）		2,000	48 km
直送事務経費		130	
小計 1	3,170	3,184	川上側（森林組合）の負担
運賃（市場～荒川材木店）	1,200		22 km（積込料含む）
クラウド運用費			未算定
小計 2	1,200	0	川中側（荒川材木店）の負担
合計	4,370	3,184	直送により 1,186 削減

※¹ 単価 35,000 円：1 日当たりの機械損料及び人工賃（グラップル付 0.25）

4.8. 和歌山県（1年目） 紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会

紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会の取組について、同協議会のスマート林業実践対策全体事業計画書（平成31年4月）、令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告会発表資料（令和2年2月）等に基づき報告する。図表は上記計画書、発表資料等からの引用である。

4.8.1. 地域協議会の取組概要

(1) 取組目標

紀中森林組合は、以前の主な施業は搬出間伐であり、皆伐施業経験が少なく、原木販売や川下の状況把握は原木市場に任せていた。

こうした中で、平成29(2017)年に素材生産における異業種連携及び協定を締結した紀中地域林業躍進プロジェクトを発足後、川上（素材生産者）から川下（製材事業者）まで連携した一貫作業システムに取組んでいる。獣害防止柵の設置、コンテナ苗造林を必須としたうえで各種助成も活用し、主伐（一貫作業システム）での森林所有者への利益還元額（目標）を@250,000円/ha（税抜き）としている。この金額は造林費用を控除した金額である。

スマート林業実践対策では、さらなる素材生産候補地選定の促進と素材増産に向け、①立木調査に基づく素材生産予測、②木材需要ニーズに即応した素材供給体制の構築、③森林所有者への素材販売の利益見込み等の提示による伐採意欲向上を目標に、新4K林業（ケガをせず、効率的に、カッコ良く、稼ぐ）を目指すこととしている。3ヶ年のテーマ別実施概要及び数値目標を表4-51に示す。

表 4-51 実施概要及び数値目標

テーマ	実施概要	目標(数値)
施業集約化の効率化・省力化	ドローンレーザ測量及び航空レーザ測量を元に境界の明確化・計画策定 森林施業カルテの整備 林地・森林基本情報システムの整備 森林GISシステムの整備 架線索張支援システムの整備	年間施業提案量を面積比で30%程度拡大(210ha/年→273ha/年) 素材生産、木材流通に至るトータルコストを20%程度削減(10,600円/m ³ →8,480円/m ³) 路網延長(9,085m/年→11,810m/年)
経営の効率性・採算性向上	路網設計・車両系施業支援システム整備 架線系施業システムの整備	検知技能者1名、林業就労者2名。
需給マッチングの円滑化	ランバーサプライ支援機能の整備 原木需給情報のデータベース化 直販土場における検知技能者の育成 林業就労者(素材生産)の育成	原木の検収・配送・供給に至る実務の効率化を30%程度削減(10,600円/m ³ →8,480円/m ³)
森林情報の高度化・共有化	ドローンレーザ測量及び航空レーザ測量による資源量把握 森林GISシステムの整備 木材SCMシステムの整備	地域材の供給・利用量の増加 7,840m ³ →24,300m ³

(2) 地域協議会の構成

紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会は、表4-52の通り、和歌山県・2町・公社・3団体・17企業で構成されている。平成29(2017)年度からの取組により、協議会では、技術検討委員（WG）の設置や異業種連携（ロジスティクス・機械リース・システム開発）を整備することで多分野参加型の水平・垂直連携が構築されている。また、紀中地域林業

躍進プロジェクト推進協定に係る枠組みを図 4-44 に示す。

表 4-52 紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会の構成

	役 職	団 体 名	所 在 地	備 考
協 議 会 構 成 員	会長	印南町	日高郡印南町印南2570	※町長
	副会長	日高川町	日高郡日高川町大字土生160	※町長
	監事	和歌山県日高振興局	御坊市湯川町財部651	※部長
	代表監事	和歌山県森林組合連合会	和歌山市湊通り丁南4-18	※会長
	副会長	紀中森林組合	日高郡日高川町大字寒川223	※組合長
	委員	株式会社上市屋銘木店	西牟婁郡すさみ町周参見2547-3	
	〃	株式会社福山林業	西牟婁郡すさみ町周参見2841-1	
	〃	株式会社奥平林業	田辺市東山2-18-15	
	〃	有限会社原見林業	日高郡日高川町大又97	
	〃	(一社)わかやま森林と緑の公社	和歌山市和歌浦西2-1-22	
	〃	西牟婁森林組合	田辺市鮎川597-101	※組合長
	〃	有限会社ヤマダ	御坊市名田野野島3260	
	〃	有限会社陽木	御坊市名屋205	
	監事	株式会社竹中商店	御坊市塩屋町北塩屋676-51	
	委員	株式会社宮路製材所	御坊市島946-5	
	〃	株式会社かつら木材商店	西牟婁郡すさみ町周参見3719-5	
	〃	有限会社きのくに林産加工	西牟婁郡すさみ町周参見1704	
	〃	株式会社伸栄木材	西牟婁郡上富田町岡2	
	〃	日東木材株式会社	田辺市新庄町11	
	〃	株式会社山収木材	田辺市中辺路町川合1298	
	〃	株式会社山一木材	新宮市新町2-1-5	
	〃	紀南運輸株式会社	新宮市佐野3-12-18	
	〃	株式会社キナン和歌山営業所	和歌山市布引710-2	
	〃	上道キカイ株式会社	新宮市新宮8001-135	
協 議 会 運 営	委員	印南町産業課	日高郡印南町印南2570	※課長
	事務局長	日高川町林業振興課	日高郡日高川町大字川原河202	※課長
	委員	和歌山県森林・林業局 林業振興課低コスト林業班	和歌山市小松原通1-1	※班長
	〃	和歌山県日高振興局 農林水産振興部林務課	御坊市湯川町財部651	※課長
	〃	和歌山県森林組合連合会	和歌山市湊通り丁南4-18	※専務

『紀中地域における原木の需給調整及び安定供給体制の確立に向けた取組』

“紀中地域林業躍進プロジェクト” 推進協定に係る枠組み

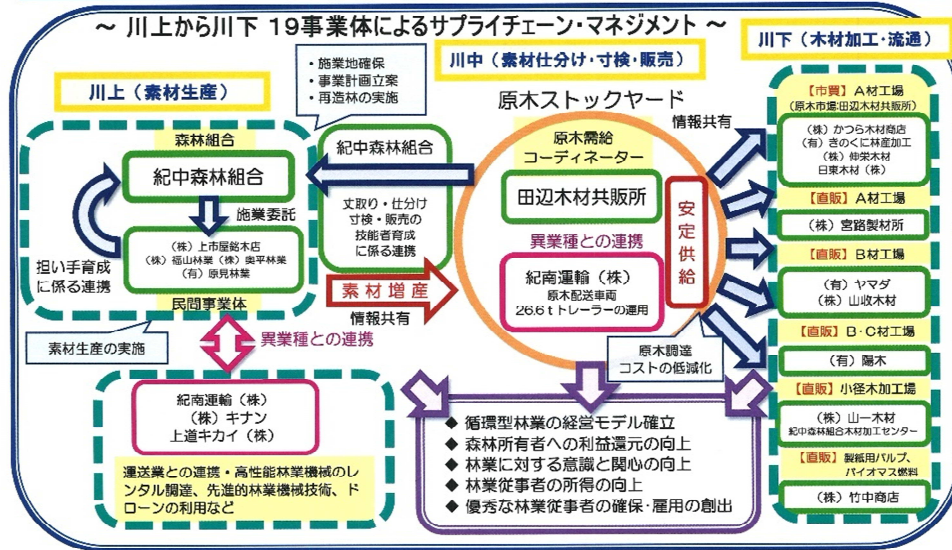


図 4-44 紀中地域林業躍進プロジェクト推進協定に係る枠組み

4.8.2. 今年度成果

森林調査・路網検討・森林施業提案といった施業集約化及び業務効率化による工程縮減と林産事業地毎における原木需給情報をデータベース化し、需給マッチングの適時性と集荷情報の精度向上を行うことで検収・配送・供給の効率化を図ることを目標としており、今年度は、施業集約化の効率化・省力化及び森林情報の共有化の 2 つのテーマの元となるデータの検証を実施した。取組概要を図 4-45 に示す。

“森林（もり）を活かして山村を元気に” 紀中地域林業躍進プロジェクトにおけるスマート林業実現に対応した林業見える化戦略（最効率化森林施業）の推進

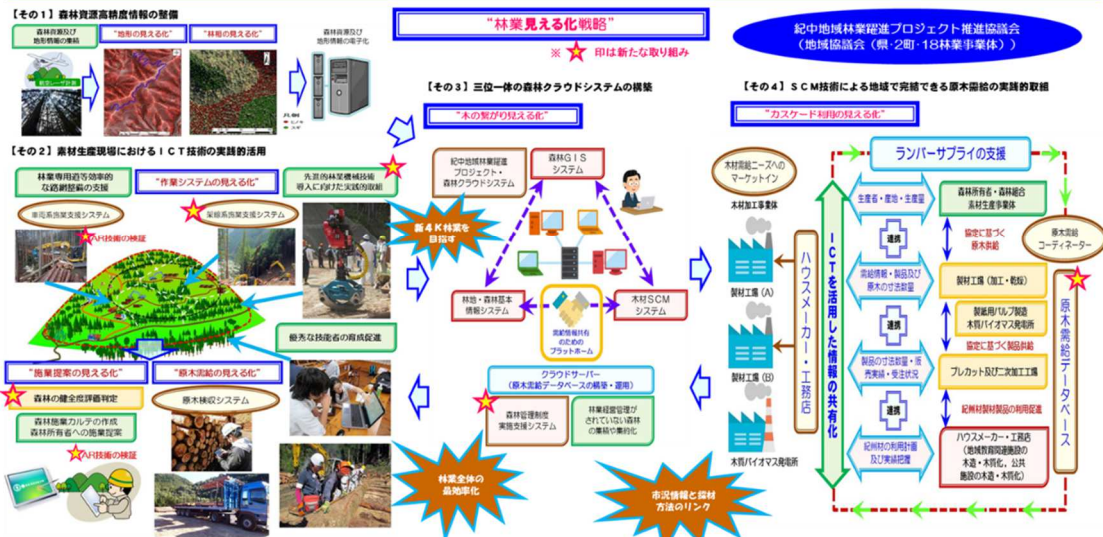


図 4-45 紀中地域林業躍進プロジェクトの取組概要

(1) 施業集約化の効率化・省力化

森林所有者へ森林施業提案時の基本となる情報を記載した「森林施業カルテ作成」に必

要な森林資源情報及び地形情報収集の省力化を目的に、従来法（輪尺と樹高計によるプロット調査）と新技術（ドローンレーザ計測）の立木評価精度と工数の比較を行った。森林施業カルテとは、提案対象林分から予測される素材生産量の内訳と、その見込み素材生産費及び原木販売見積額を記載したものである。

実証結果概要を表 4-53 に示す。実証の結果、新技術活用により、施業提案費用は 47,500 円/ha 削減し、工数は 2.50 人/ha の削減となり、83%程度の工数省力化となった。ただし、新技術導入のためのシステム導入費用 990,000 円/式、データ取得・解析費用（航空レーザ計測の場合 4,500 円/ha ドローンレーザ計測の場合 201,900 円/ha）が必要となる。データ取得等には費用を要するため、行政主導で整備するなどの検討も必要であるが、主伐（一貫作業システム）での森林所有者への利益還元額（目標）@250,000 円/ha（税抜き：造林費用を控除した金額）は達成できる見込みである。

立木評価精度は、スギ 13.05%、ヒノキ 3.96%の精度が向上することがわかった。

表 4-53 実証結果概要

サービス	概要
実証地域	一貫作業システムによる主伐施業地（日高川町）（7.08ha）
実証主体	紀中森林組合、(株)上市屋銘木店、(株)福山林業の3社共同事業体
実証方法	- 主伐施業地における森林資源情報の取得を、従来法と新技術の2手法を用いて実施。 ①従来法：林尺と樹高計による20m×20mのプロット調査（11箇所） ②新技術：ドローンレーザ計測 - 従来法と新技術との工数及び立木評価精度を比較。 - 工数及び工数にかかる費用（施業提案費用）の内訳は、現地調査費、資料作成費、施業提案書作成費。 - 立木評価精度は、従来法と新技術によって得られた立木材積（利用材積）と主伐による出材実績を比較。 - 林地・森林基本情報システム構築による森林施業カルテ作成にかかる工数削減見込みの算出。  
実証結果	● 森林資源情報の取得 ①従来法 現地調査：＜工数＞2.5人/ha ＜費用＞47,500円/ha 資料作成：＜工数＞0.5人/ha ＜費用＞9,500円/ha 合計：＜工数＞3.0人/ha ＜費用＞57,000円/ha ②新技術 現地調査：＜工数＞0人/ha ＜費用＞航空レーザ4,500円/ha又はドローンレーザ201,900円/ha 森林施業カルテシステム990,000円/式 資料作成：＜工数＞0.5人/ha ＜費用＞9,500円/ha 合計：＜工数＞0.5人/ha ＜費用＞9,500円/ha（人件費のみ） <u>資料作成工数は2.5人/ha（83％）削減、人件費は47,500円/ha（83％）削減。</u> ● 立木評価精度 ①出材材積 スギ：176.453m³/ha〔パルプ材を含む〕 ヒノキ：129.052m³/ha〔パルプ材を含む〕 ②従来法 スギ：203.388m³/ha（誤差）＋15.26％ ヒノキ：118.298m³/ha（誤差）－8.33％ ③新技術 スギ：172.562m³/ha（誤差）－2.21％ ヒノキ：123.409m³/ha（誤差）－4.37％ 評価精度は、スギ＋13.05％向上、ヒノキ＋3.96％向上。 ● 森林施業カルテ作成にかかる工数 ドローンレーザ計測及び林地・森林基本情報システム構築によって、90％が自動算出となる見込み。 ※主伐（一貫作業システム）での森林所有者への利益還元額（目標）を@250,000円/ha（税抜き）としている。この金額は造林費用を控除した金額である。

(2) 森林情報の共有化

森林資源情報の見える化と原木需給情報のデータベース化（木材 SCM 構築）に向けて、ドローンレーザ計測による森林資源情報及び地形情報の取得並びに直販土場における従来法による原木検知と画像及び音声検知との比較検証を実施した。より簡易に正確に森林資源情報や原木情報を共有することを目的に行っている。

1) 森林資源情報及び地形情報の取得

森林 GIS システム及び木材 SCM システム構築、来年度検討事項である路網設計・車両系施業支援システムを整備するため、森林資源情報及び地形情報の取得をドローンレーザ計測により行った。解析結果を図 4-46 に示す。ドローンレーザ計測により、従来プロット調査による森林資源情報取得を行っていた員数削減が可能となった。また、路網設計において従来は踏査による調査を実施していたが、得られた地形情報から路網設計可能なレベルの地形情報を得ることができた。

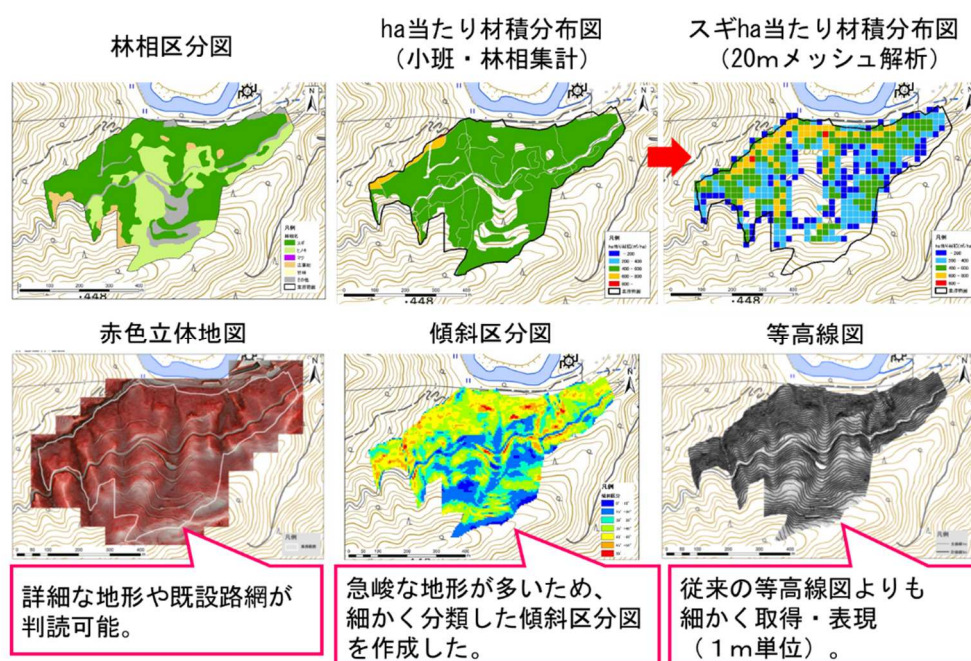


図 4-46 ドローンレーザ計測による森林資源情報の取得結果

2) 原木検知

原木の販売は全て原木市場に任せた状態であり、素材生産側において原木寸検を行える人員がいない状況である。土場での原木検知技能者の育成とあわせて、直販土場での検知工程削減と出材原木情報の見える化を目的とし原木検知の比較実証を行った。比較は従来法（寸検・野帳記録）と画像検知法（iFovea：アジア航測株式会社）及び音声入力（きこりん：山秀情報システム株式会社）の2手法による検知を対象に実証を行った。

実証結果は、従来法と検知結果は同程度であることがわかった（表 4-54、図 4-47、図 4-48）。ただし、両検知手法それぞれに課題があり、導入することによる費用対効果の評価と利用者（製材事業者）の合意形成構築が重要である。

表 4-54 実証結果概要

サービス	概要
はい積み 情報	- スギ 3m (B材) 102 本 (黒芯材が多く混入している) - 末口径 2 センチ括約
実証方法	- 従来法と画像検知及び音声入力検知の比較。 ①従来法：コンベックス計測 (西牟婁森林組合・田辺木材共販所所長) ②画像検知法：iFovea (アジア航測(株))  ③音声入力法：きこりくん (山秀情報システム(株)) 
実証結果	- 検知画像検知法：iFovea (アジア航測(株)) 検知精度は従来法と同程度であり、大きなはい積みでは画像検知法が圧倒的に効率性が高い。 ただし、検知結果を手作業による調整が必要であること、末口に径級ができないこと等課題がある。また、利用者（製材事業者）に了承を得る必要がある。 - 音声入力法：きこりくん (山秀情報システム(株)) 検知精度は従来法と同程度であり、大きなはい積みでも本数を正確に集計できる。また、寸検を従来通り行っているため利用者（製材事業者）の了承を得やすい。 ただし、強風時や騒音環境によって検知精度が左右されることが課題。

写 真	手 法	計測時間	材 積
	従来法 (コンベックス計測) 西牟婁 F・田辺木材共販所 所長	(寸検) 5分36秒 (集計) 5分46秒 (計算) 2分 2秒 <u>計 13分24秒</u>	スギ (B材) N=102本 V=11.50m ³ ※末口径 2センチ括約集計
	画像検知法 (i Fovea計測) アジア航測(株) 技術者	<u>11分39秒</u> (校正あり)	スギ (B材) N=102本 V=11.98m ³ ※末口径 1センチ括約集計 (V=11.45m ³ PCで修正) (※末口径 2センチ括約集計)

図 4-47 従来法と検知画像検知法 (iFovea (アジア航測(株))) の結果

写 真	手 法	計測時間	材 積
	従来法 (コンベックス計測) 西牟婁 F・田辺木材共販所 所長	(寸検) 4分43秒 (集計) 4分22秒 (計算) 2分 5秒 <u>計 11分10秒</u>	スギ (B材) N=102本 V=11.92m ³ ※末口径 2センチ括約集計
	音声入力法 (きこりくん計測) 紀中森林組合・検知技能 育成職員	<u>15分57秒</u> (音声認識エラーあり)	スギ (B材) N=102本 V=11.73m ³ ※末口径 2センチ括約集計

図 4-48 従来法と音声入力法：きこりくん (山秀情報システム(株)) の結果

5章. 取組成果の普及展開

5.1. 実施概要

「スマート林業」を全国に普及展開するため、ICT 等先端技術の活用手法、地域毎の実践的取組等を整理し、別途事例集を作成するとともに、都道府県や市町村、林業事業体等を対象とした説明会を開催した。

5.2. 事例集の作成

5.2.1. 昨年度事例集の配布

「スマート林業」を全国に普及展開するため、次世代森林産業展 2019 において昨年度事例集の配布を行った。配布概要を以下に示す（表 5-1、図 5-1）。

表 5-1 昨年度事例集の配布概要

タイトル	次世代森林産業展 2019 FORESTRISE 2019 Innovative & Integrative Woods Industries
主 催	フジサンケイ ビジネスアイ（日本工業新聞社）
概 要	次世代森林産業展は海外の先進技術やノウハウ、ICT／IoT、ドローン、AI、ロボットといった新しいテクノロジーを活用する「次世代」。森林資源を基盤とする林業、林産業、さらには木質バイオマスの活用までを一つの産業と捉えて共に発展する「森林産業」。製品・技術・活動を発信する出展社と、森林に携わる来場者が交流する「展示会」になることを願って組み合わせたもの。 英語表記の FORESTRISE は、森林産業を表す単語 FOREST と、〔太陽などが〕出る、昇ること 〔人が〕立ち上がる、起きる 〔数量が〕増える 〔価格が〕上がる、上昇する 〔物事の〕始まりの意味を表す単語 RISE を組み合わせた造語。日本の森林産業の再生、活性化を願って組み合わせたもの。 発音 fɔ(:)rɛstráiz 読み フォレストライズ (公式ホームページ http://www.forestrise.jp/ より)
日 時	令和元(2019)年 8 月 1 日（木）～8 月 3 日（土）10：00～17：00
会 場	長野県長野市 ビッグハット／若里市民文化ホール (長野県長野市若里 3-22-2)
参加者数	6,026 名（3 日間合計）
配付箇所 及 び 配布部数	①林野庁ブース（小間番号 A-15） 100 部 ②住友林業ブース（小間番号 B-03） 100 部 ③FORESTRISE セミナー「ICT スマート精密林業報告会」～スマート林業は「成長エンジン」になりうるか～（セミナー番号 2Y123-1） 100 部 計 300 部（紙媒体、A4、24 ページ）



(林野庁ブース)



(住友林業ブース)



(FORESTRISE セミナー
「ICT スマート精密林業報告会」)



(昨年度事例集の表紙)

図 5-1 昨年度事例集の配布の様子

このほか、林野庁ホームページ ホーム＞分野別情報＞スマート林業の推進
(https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html)
の中でも、昨年度事例集が同報告書とともに PDF データで掲載されている。

5.2.2. 今年度事例集

「スマート林業」の実現に向け、全国に普及展開するための「スマート林業」の事例集を作成した。

事例集の作成にあたっては、「スマート林業」に向けた取組の前後を比較して、どのような効果が現れたかを定量的に示すとともに、成功要因や失敗要因を分析して、取組を進めるにあたり留意すべき点、発生しやすい問題点やその解決方法を明らかにした。

また今後、意欲と能力のある林業経営体等が「スマート林業」の実現に取組む際に参考となる実用的かつわかりやすいものとなるよう工夫した。具体的な内容は以下に示す(表 5-2)。

なお、地域毎の実践的取組等については事例集の 2 章で、ICT 等先端技術の活用手法については事例集の 3 章で、それぞれ整理した。

表 5-2 今年度事例集の作成概要

タイトル	令和元年度スマート林業構築普及展開事業事例集 スマート林業の実践事例！
表紙	
概要 (目次)	1 章 スマート林業とは？ 2 章 スマート林業実践対策の取組事例 1.石川 県 いしかわスマート林業推進協議会 2.長 野 県 スマート林業タスクフォース NAGANO 3.愛 知 県 原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会 4.山 口 県 やまぐちスマート林業実践対策地域協議会 5.熊 本 県 球磨地区中央林業活性化協議会 6.福 島 県 いわき市持続可能な森林・林業推進会議 7.和歌山県 紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会 3 章 スマート林業を支える技術 1.LPWA を活用した林業安全管理システム 2.長距離無線システムを用いた獣害対策 3.苗木生産用種子の選別（コンテナ苗のコスト削減） 4.林業用苗木運搬ドローン 5.ドローンを活用した森林整備事業（補助金）の申請・検査 6.持続可能な「造林」の実現 7.フォワーダによる集材作業の自動化 8.原木の品質判定が可能な高度木材生産機械（ハーベスタ） 9.林業労働災害VR体験シミュレーター 10.木材 SCM 支援システムの構築
発行月	令和 2(2020)年 3 月
発行者	林野庁
発行部数	300 部（紙媒体、A4、28 ページ）

5.3. 説明会の開催

5.3.1. 開催概要

「スマート林業」を全国に普及展開するため、都道府県や市町村、林業事業体等を対象としたスマート林業構築普及展開事業報告会を説明会として開催した。開催概要を以下に示す（表 5-3、図 5-2）。

報告会では表 5-4 のとおりスマート林業実践対策地域協議会（7 地域）による事例紹介を行うとともに、今後のスマート林業の参考とすることを目的として、スマート林業構築普及展開事業技術委員会委員である井上岳一氏（株式会社日本総合研究所 創発戦略センター シニアスペシャリスト）による基調講演も含めたプログラムとした。

各発表者の発表資料は、日本森林技術協会ホームページ [HOME > お知らせ > 令和元年度スマート林業の取組に関する報告会等の開催結果（発表資料をアップしました！）](http://www.jafta.or.jp/contents/information/383_list_detail.html) に掲載した。（ http://www.jafta.or.jp/contents/information/383_list_detail.html ）

また、昨年度説明会の参加者アンケートの結果で要望が多かったスマート林業関連技術の展示会もあわせて実施した（表 5-5）。

表 5-3 説明会の開催概要

タイトル	スマート林業の実践事例！ 林野庁委託事業 令和元年度スマート林業構築普及展開事業 報告会及び技術展示会
日 時	令和 2(2020)年 2 月 25 日（火） 10:00～13:20 技術展示会 13:30～16:30 報告会
会 場	主婦会館プラザエフ（東京都千代田区六番町 15） 8 階パンジー 技術展示会 7 階カトレア 報告会
主な広報先	・行政機関 ・業界団体 ・学会・研究会 ・専門紙・専門誌 など
参加者数	約 230 名



(報告会)



(報告会)



(報告会)



(技術展示会)

図 5-2 説明会の様子

表 5-4 報告会プログラム

林野庁挨拶 橘 政行 氏 (林野庁 森林整備部 計画課長)
基調講演「スマート化と地方創生:列島改造から列島回復へ」 井上 岳一 氏 (株式会社日本総合研究所 創発戦略センター シニアスペシャリスト)
スマート林業実践対策地域協議会による事例紹介
熊本地域：球磨中央地区林業活性化協議会 大渕 修 氏 (人吉市経済部 農林整備課 技術専門員)
山口地域：やまぐちスマート林業実践対策地域協議会 吉富 亮太 氏 (山口県農林水産部 森林企画課 主任)
愛知地域：原木安定供給に向けた木材生産・流通協議会 澤田 広和 氏 (愛知県農林基盤局林務部 林務課)
長野地域：スマート林業タスクフォース NAGANO 長澤 幸一 氏 (長野県林務部 信州の木活用課)
石川地域：いしかわスマート林業推進協議会 欠 席
和歌山地域：紀中地域林業躍進プロジェクト推進協議会 安藤 早貴子氏 (和歌山県日高振興局農林水産振興部林務課 技師)
福島地域：いわき市持続可能森林・林業推進会議 松崎 正信 氏 (いわき市持続可能な森林・林業推進会議)

表 5-5 技術展示会出展企業及び内容

企業名	出展内容
株式会社フォレストシー（里山通信）	・ジオチャット(SOS・コミュニケーション) ・ジオカム(画像監視) ・ジオバイタル ・オリワナシステム(獣害捕獲通知)
株式会社ジツタ	・次世代森林観測端末 ARUQ Android ・森林 3D システム AssistZ ・材積推定、ドローン造林補助申請、作業道自動計画 の各オプション ・木材検収システム ・森林 3 次元計測システム OWL (Optical Woods Ledger)
パシフィックコンサルタンツ株式会社	・スマート林業のパネル ・森林 VR ・単木 AR アプリ
アジア航測株式会社	・森林クラウド ALANDIS+ FOREST ・現地調査アプリ Forest Track ・自動丸太検知アプリ iFovea
株式会社小松製作所（コマツ）	・スマート林業パネル ・エブリデイドローン、エッジコンピュータ ・森林見える化アプリ ・造材データ見える化アプリ

5.3.2. 参加者へのアンケート

説明会の参加者に対してアンケートを実施した。質問項目は表 5-6 のとおりである。

表 5-6 アンケート質問項目

問 1	回答者について ・所属組織 ・既にスマート林業・林業成長産業化等にむけた地域協議会に参加しているか
問 2	どのプログラムに期待をして参加したか
問 3	各プログラムについてどの程度満足したか
問 4	スマート林業を構成する分野のうち、特に興味がある又は今後取り組んでいきたい分野は何か
問 5	スマート林業を構築するための取組を所属組織や地域で実施する際、どのような課題があると思うか
問 6	今後、スマート林業を構築していく上で、全国的にどのような支援策があると思うか
問 7	今後、このような説明会を開く上で、どのようなプログラムがあると良いと思うか

所属組織では、都道府県担当者や市町村、民間企業／団体からの参加者が多かった（図 5-3）。これは昨年度と同様の傾向にある。

参加者のうち約 2 割が、既にスマート林業や林業成長産業化に向けた地域協議会に参加

しているという回答であったが、昨年度は約 4 割であった。なお、その他の回答は、「大学」と「6 次産業プランナー」であった。

期待したプログラムでは、スマート林業実践対策地域協議会による事例紹介に期待した参加者が多かった（図 5-4）。これも昨年度と同様の傾向にある。その他の回答は、「協議会への参画の為、ヒントを得るため」であった。

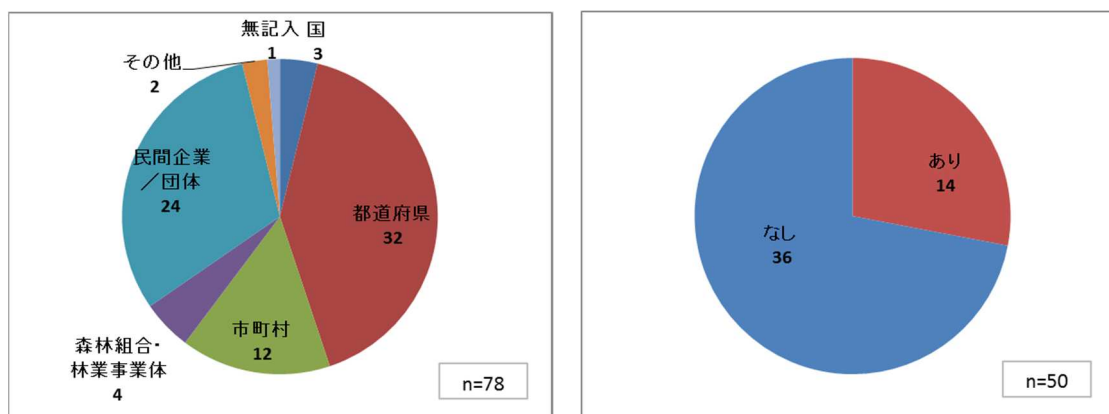


図 5-3 問 1 の結果（左：所属組織の回答数、右：地域協議会への参画数）

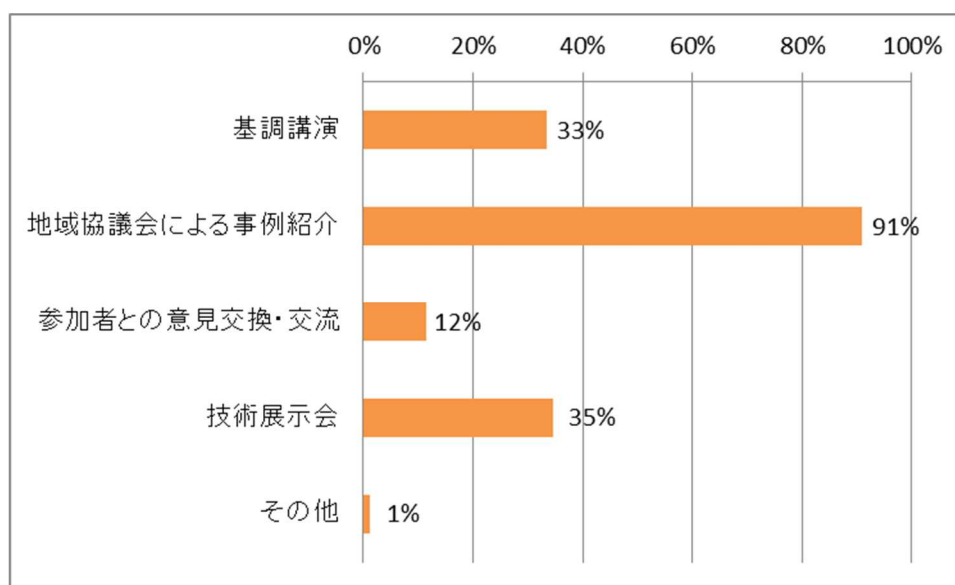


図 5-4 問 2 の結果（どのプログラムに期待して参加したか）

報告会の内容に対する満足度は高く、基調講演及び地域協議会による事例紹介では、約 8 割の参加者が「とても満足した」又は「満足した」と回答した（図 5-5）。これは昨年度と同様の傾向にある。

一方、時間やスペースに制約があったため、参加者との意見交換・交流及び技術展示会では、約 3 割～約 4 割の参加者が「無記入」と回答した（図 5-5）。なお、技術展示会は、昨年度説明会の参加者アンケートの結果により実施したものである。

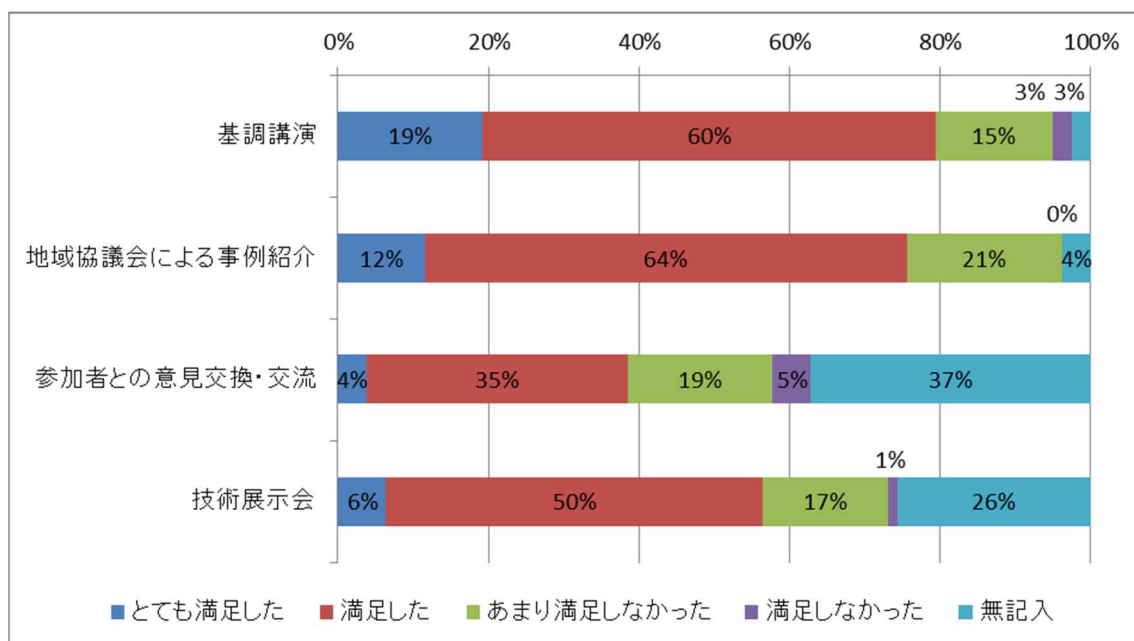


図 5-5 問3の結果（各プログラムについてどの程度満足したか）

また、スマート林業を構成する分野のうち、特に興味がある又は今後取り組んでいきたい分野は何かという質問に対しては、「森林情報の高度化・共有化（ドローンやレーザーによる森林資源量調査、森林クラウドによる情報共有など）」が最も多く、次いで「需給マッチング円滑化（需給マッチングシステムの整備、運材・配車システムの整備など）」が多かった（図 5-6）。これも昨年度と同様の傾向にある。

なお、その他の回答は、「自動運転、ロボットの活用」と「所有者の特定」であった。

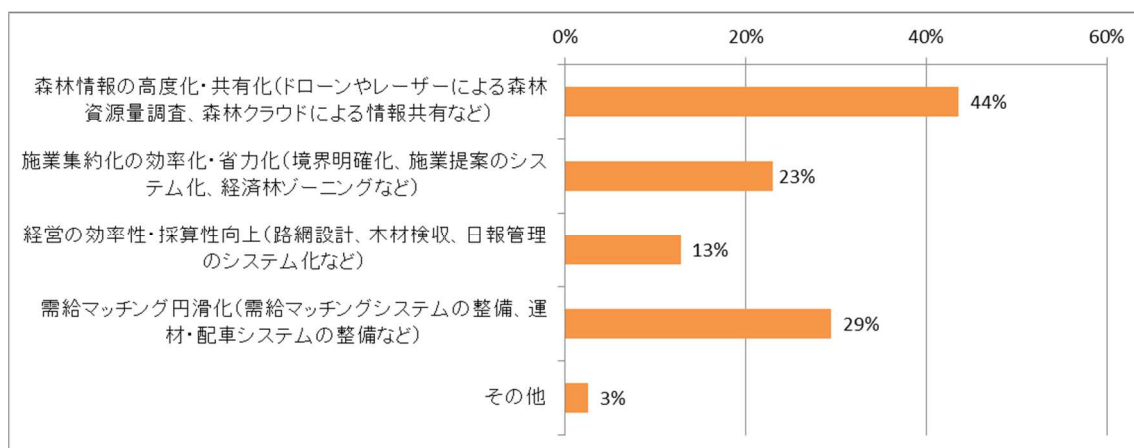


図 5-6 問4の結果（興味がある又は今後取り組んでいきたい分野）

スマート林業を構築するための取組を所屬地域で実施する際、どのような課題があると思うか、という質問に対しては、様々な項目が選択されていたが、特に昨年度は 5 番目に多い回答数であった「関係者間の合意形成」が今年度は最も多い回答数であった。そのほかは昨年度と同様に「人材育成」、「関係者の連携体制の構築」、「関係者の ICT 化への参加意欲向上」等が多く、引き続き「ひと」に関する課題が重要視されていた（図 5-7）。

なお、その他の回答は、「構築後、関係者間でお金が回る仕組みになっていないと、継続しない。それも含めた設計が必要」、「合意→信頼性構築」、「運用保守経費の捻出、情報のオープン化への合意」、「路網整備」、「ザ公務員体質体制の脱却」、「市町村、事業体への技術展開、補助事業での ICT データ活用」であった。

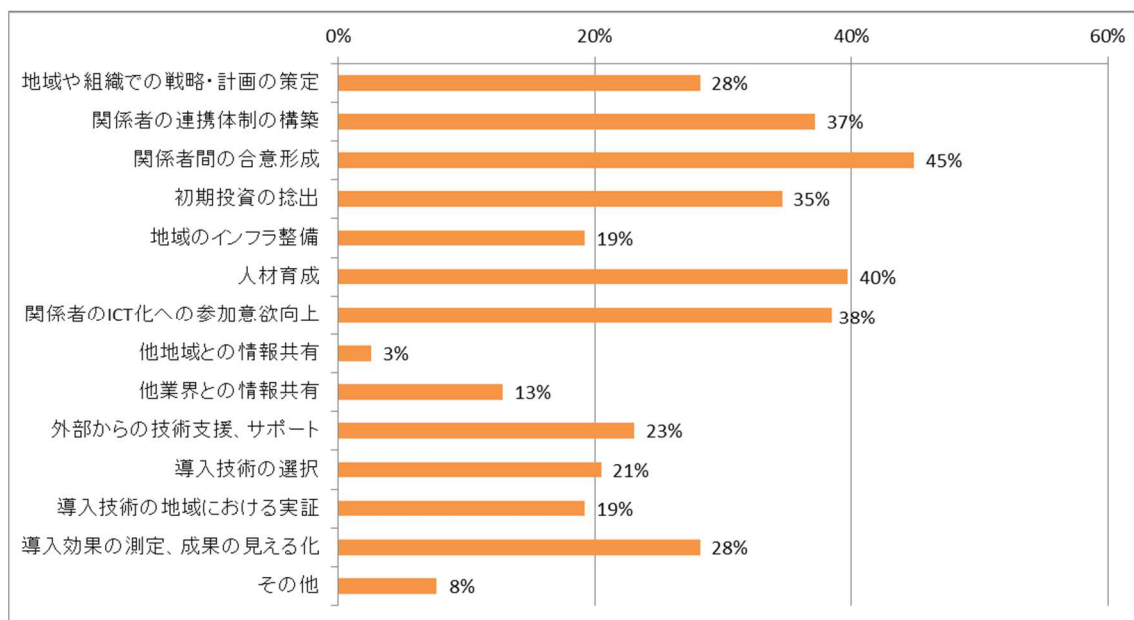


図 5-7 問 5 の結果(スマート林業の取組を実施する際にどのような課題があると思うか)

今後スマート林業を構築していく上で、全国的にどのような支援策があると良いと思うか、という質問に対しては、「人材育成対策」、「インフラ整備に対する支援」、「スマート林業の全国的な推進体制の構築」、「助成金・優遇制度」などといった支援を希望する回答が多かった(図 5-8)。これは昨年度と同様の傾向にある。

なお、その他の回答は、「可能性の普及」と「国・県の専属指揮命令職員の派遣」であった。

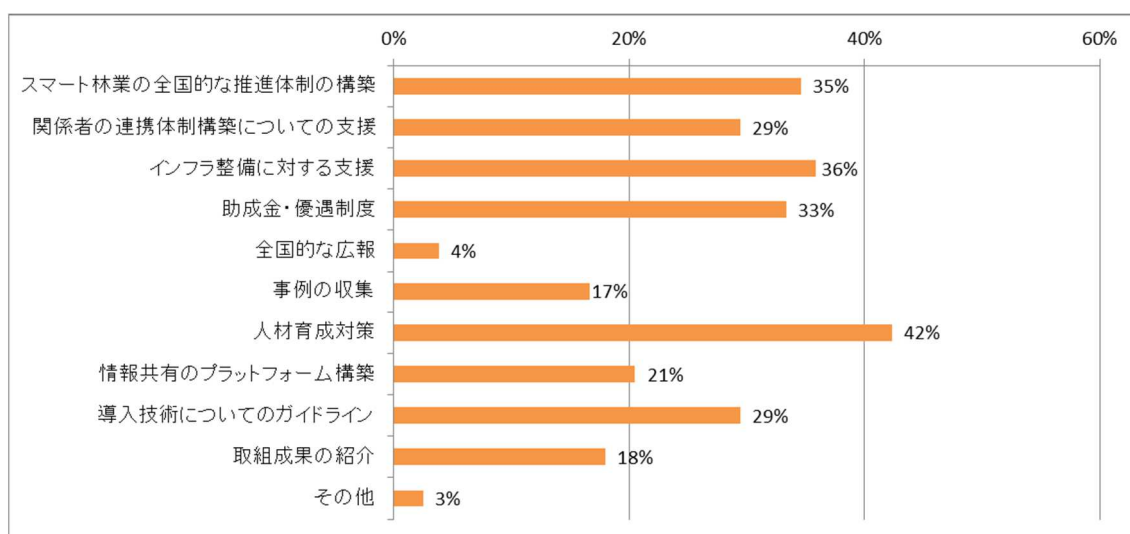


図 5-8 問 6 の結果 (スマート林業を構築していく上で、全国的にどのような支援策があると良いと思うか)

今後このような報告会を開く上で、どのようなプログラムがあると良いと思うか、という質問に対しては、「スマート林業実践対策地域協議会による事例紹介」の回答が最も多かった（図 5-9）。これも昨年度と同様の傾向であり、問 2（どのプログラムに期待して参加したか）の回答でもあったように、スマート林業実践対策地域協議会の事例紹介を期待する参加者が多い。また、今年度より実施した「企業からの情報提供（技術展示会）」を希望する回答も昨年度に引き続き多かった。

なお、その他の回答は、「県や森林組合等ではない民間林業事業体の取組」、「各メーカーによるスマートへのアプローチになる説明会」、「国有林の取組」、「他国の事例」であった。

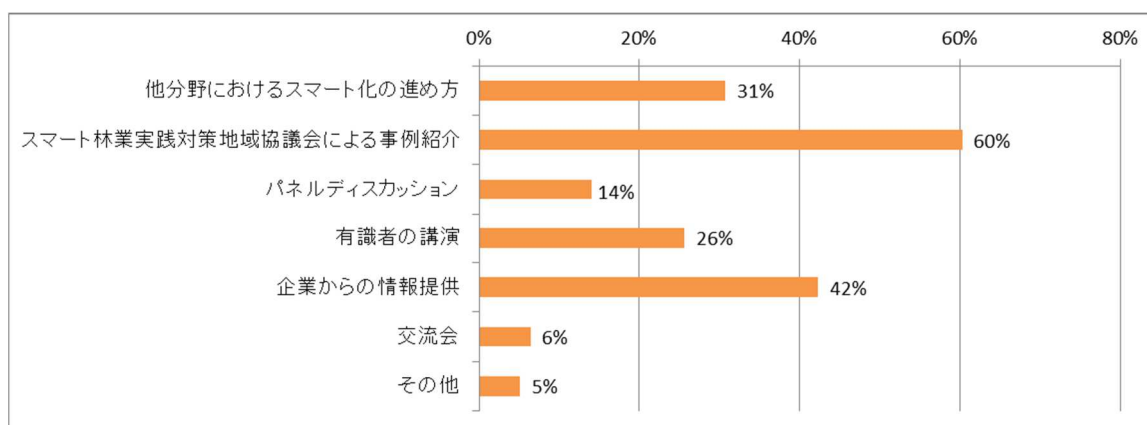


図 5-9 問 7 の結果（今後このような報告会を開く上で、どのようなプログラムがあると良いと思うか）

最後の自由記入欄では、以下の記載などがあった。

- ・ どの事例報告も同じ課題で同じ手法であるため、もっと新規性が欲しい。
- ・ 地域協議会の協力業者（委託業者）の方からも具体的な話を聞きたい。
- ・ 金融機関からの話題、木林業界への提言を聞きたい。ICT 化により、木材業界のキャッシュフローの改善（方法、事例 etc）、期待はあるか。
- ・ ICT の活用に必要な機材代や運用経費の支出をだれが負担するのが課題。補助金がある時期はうまく進むが、終わったら、企業（民）が負担できる様、結果（コスト減など）がついていければ良い。
- ・ 川上～川中～川下での合意形成が重要。ICT 技術はそのためのツールでしかないので、いかにうまく使うか。
- ・ 民間企業と森林組合、林業事業体とのマッチングのような場を設けてほしい。
- ・ せっかくの発表会なのでスマート林業らしくネットで配信して欲しい。

なお、参加者は昨年度と同じ規模を想定していたが、スマート林業への関心の高さから予想を超える参加者数となり、会場が狭い、温度調整も難しい、スクリーンも観にくい、等のご意見も多くいただいた。また、発表資料をホームページ上で公開することについての周知不足もあり、発表資料の配布を望む声も多く聞かれた。

そのため、今後説明会を実施する際は、定員の設定、申込みの方法、発表資料の扱い等についても改めて検討する必要がある。

5.4. 地域協議会間の意見交換

5.4.1. 開催概要

「スマート林業」を全国に普及展開するためには、先駆的に取り組んでいる地域協議会において発生している課題を広く共有することで、今後取組を考えている地域、林業事業体の参考とする必要がある。そこで、成果を中心とする説明会とは別途、意見交換会を開催し、課題共有の機会とした。開催概要を以下に示す（表 5-7、図 5-10）。

表 5-7 意見交換会の開催概要

タイトル	林野庁委託事業 令和元年度スマート林業構築普及展開事業 地域協議会 意見交換会
日 時	令和 2(2020)年 2 月 26 日（水） 14:00～15:30
会 場	日林協会館 3 階「大会議室」（東京都千代田区六番町 7）
参加協議会	長野県、愛知県、山口県、福島県、和歌山県



図 5-10 意見交換会の様子

5.4.2. 主な意見

事業に係る現状や課題、今後の取組やアイデアについて、（１）技術的事項、（２）地域体制（合意形成）、（３）普及展開をテーマに話し合いを行った。主な意見を表 5-8 に示す。いずれのテーマにおいても、協議会や取組の継続性を組織面、コスト面から確保する必要があるという点が大きな共通課題となっている。

表 5-8 意見交換会における主な意見

テーマ	主な意見
技術的事項	・クラウドシステムの維持費用が想定より高かった。対象とする範囲、取扱う材の量が多くなれば単位あたりの費用は抑えられることも考慮する必要はある。 ・データベース構築とクラウドサーバを別会社に発注したが、システムに問題が発生した場合どちらの委託先の責任になるか等が課題となった。
地域体制 (合意形成)	・管理の主体は県森林組合連合会とする地域、森林組合とする地域がある。 ・原木市場の職員に原木需給コーディネーターになってもらい、需給マッチングの調整役をしてもらっているが、今後はそうした若手の育成にも力を入れていく必要がある。 ・材は直送にして市場のはい積料や運材コストの削減につながり、商流を原木市場経由にすれば原木市場が与信管理、在庫管理、営業活動などの従来からの様々な役割を果たしつつ、一定の手数料を取ることもできる。 ・直送しても製材工場の選木機ではじかれると市売りになってしまう。原木市場に戻す運材コストが余計にかかってしまうので、製材工場側にもカスケード利用に取組むなど、地域全体を考えてもらう必要がある。 ・直送する場合、山側でどこまで仕分けをするかが課題。できるだけ山側の作業を減らし、選木機を使う方向にした方がよい。 ・大径材の用途・買い手がなく、元落ちが出始めている状態。バイオマスや合板だけでなく、構造材としても使えるようにしていきたい。
普及展開	・今後この取組みを普及展開していく場合、県や市町村と個人情報等扱いをどうするかが課題。オープン化してよい情報とオープン化しない情報の仕分けが必要。 ・導入費用が高い技術については、費用対効果は現在のところ難しい。インフラ整備として行政等が取得し、貸出による普及展開を行っている。 ・ビジネスになると、行政が踏み込むことは難しい。航空レーザ計測等の情報支援やインフラ整備までが行政の役割か。再造林が担保された循環型施業を推進するためにも、森林所有者が儲かる仕組みづくり・ビジネス支援までは行政の関与も可能ではないか。 ・特定の会社だけが儲かるのではなく、地域全体・業界全体が儲かる仕組みでないと難しい。 ・地域外との関係をどうするかも課題。地域材をブランド化できれば、地域外への売込みもできるし、材の量の確保にもつながる。 ・スマート林業を展開するには、人手の確保、特に新しい機材などに柔軟に対応できる若手の確保が最も課題。協議会に地元の林業大学校を組み合わせることにより、人材の確保を図りたい。

6章. スマート林業の普及に向けて

6.1. スマート林業とは

6.1.1. スマート林業が目指すべき方向性

本事業は、地理空間情報や ICT 等の先端技術を活用し、森林施業の効率化・省力化や需要に応じた木材生産を可能とする「スマート林業」の構築普及展開を目的としている。また、実践対策における目標としては以下の4点があげられている。

- 森林情報の高度化・共有化
- 施業集約化の効率化・省力化
- 経営の効率性・採算性向上
- 需給マッチングの円滑化

本事業では、他分野の取組の調査や、林業分野での取組の分析により、スマート林業が目指すべき方向性について検討を行い、目指すべき方向性として以下のように考えた。

スマート林業が目指すべき方向性

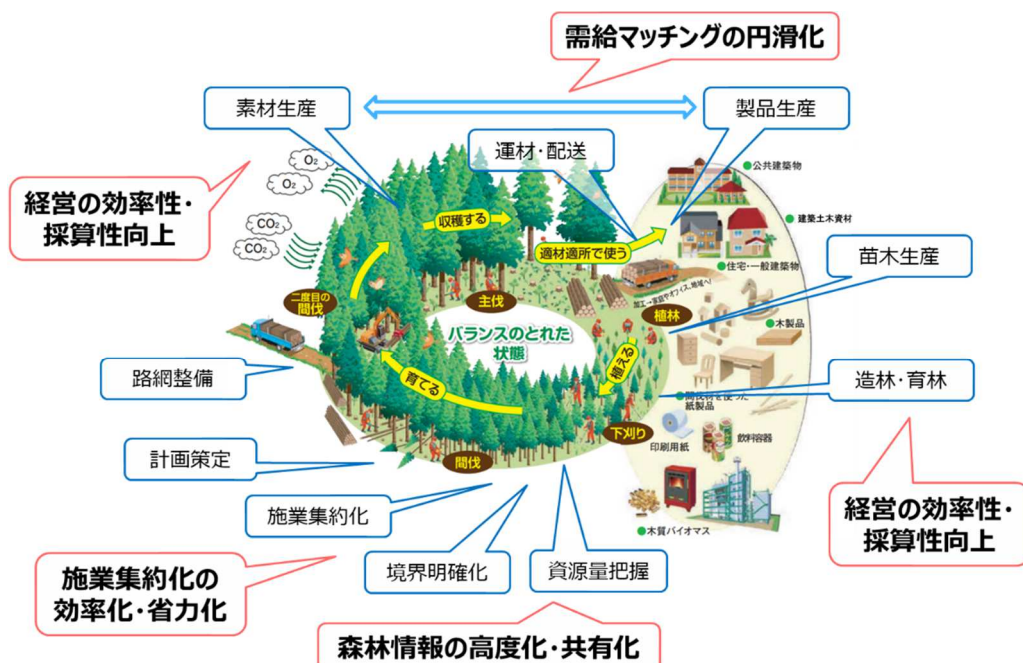
- 地理空間情報や ICT 等の先端技術を活用し、**安全で働きやすく**、効率的な森林施業や需要に応じた木材の**安定供給**を実現する。
- さらなる労働力不足が懸念される中で、ICT 等の先端技術を活用し生産性を向上させると共に、**林業を魅力ある職場**とし、**担い手の確保・育成**を進める。

【目標】

- 森林情報の高度化・共有化
- 労働災害のない安全で快適な職場づくり
- 施業集約化の効率化・省力化
- 担い手の確保・育成
- 経営の効率性・採算性向上
- 需給マッチングの円滑化

また、スマート林業が本来対象とする範囲は、図 6-1 に示す林業の循環全て、すなわち苗木生産から造林・育林、運材・配送、製品生産までの広範に渡る。これらの各段階において、ICT 技術を導入し、効率化・省力化を図る必要があるが、実践対策では上記4点に絞って目標としている。

スマート林業への取組の背景として重要な点の一つに、人口減少が続く中で各産業の働き手の減少が国として深刻な課題となっていることがあげられる。林業においても ICT 技術を活用し、1 人当たりの生産性を向上させると共に、労働安全の確保、雇用形態の安定化などによる担い手の確保・育成が重要となっている。建設土木分野で進められている **i-construction** では労働環境の向上も目標の一つとしてあげられている。他分野と競合しての林業における担い手確保を考えると、ICT 技術の活用による生産性向上、コスト削減が従事者へのメリットとして還元されることも重要である。



「平成29年度森林及び林業の動向」(第196回国会(常会)提出) 資料IV-39 森林資源の循環利用(イメージ) に赤枠部を追記

図 6-1 スマート林業の対象範囲イメージ

6.1.2. スマート林業に関連する施策等

令和元(2019)年6月に閣議決定された「成長戦略フォローアップ」においては、スマート林業等の林業イノベーションを推進することとしており、令和元(2019)年11月の未来投資会議関係会合においては、森林組合制度における連携手法の多様化に向けた検討を進めることとあわせて、2028年までに「スマート林業※」をほぼ全ての意欲と能力のある林業経営者に定着させる」という目標設定もなされ、令和元(2019)年12月には、「林業イノベーション現場実装推進プログラム」が公表されている。これらの計画に掲げられているロードマップを着実に実施していくためには、林業者をはじめ、技術を開発する民間企業、研究機関、行政等の関係者が同じ認識のもと連携し取組を進めることが重要である。

※デジタル管理・ICTによる林業、安全で高効率な自動化機械による林業、低コスト造林や収穫サイクルが短い林業。

6.2. スマート林業の普及・実現における主な課題

前述のようなスマート林業や、実践対策での取組成果を今後、全国に広く普及するにあたり、現状と課題を表 6-1 のように整理した。スマート林業実践対策が 2 年目になり、成果とともに課題も発生している。課題についても、これからスマート林業に取組もうとする地域、事業体にとっては、参考にすべき重要な「成果」であると言える。

表 6-1 スマート林業の普及・実現における主な課題

課題	概要
スマート林業の成果の見える化	スマート林業導入に必要な設備及び人材育成に投資する根拠として、定量的な導入効果（作業労務削減、コスト削減）が必要である。データの初期導入費用も含めた効果の定量化が必要である。
実践上の課題と対策の共有	先駆的に取組んでいる地域協議会において発生している課題を広く共有することで、今後取組を考えている地域、林業事業体の参考とする必要がある。
地域協議会の維持と取組の継続	地域協議会が主体的に事業を行うことにより、補助事業終了後も継続的な取組が可能になると考えられる。実際の商流にあわせ、新たな協議会やグループを結成することも有効であると考えられる。
地域全体の合意形成	現状のスマート林業では川上の計画分野における取組が多い状況であるが、川中・川下側でも対応可能な取組で変革を求めることも必要である。
取組の対象範囲（原木量、需要者）の拡大	地域で初めての取組になることも多く、初めは少数の関係者、狭い地域を対象とすることはやむを得ないが、対象とする原木量が多くなるほど、効率化の効果が高まることが考えられる。量と効果の関係にも着目する必要がある。

6.2.1. スマート林業の成果の見える化

スマート林業に関心を持ち導入を検討している地域、林業事業体にとっては、設備及び人材育成に投資する根拠として定量的な導入効果（作業労務削減、コスト削減）が必要となる。

今年度は、スマート林業実践対策の取組が 2 年目となり、作業労務の削減率、コスト削減率等の効果が明らかとなった。一方で、システムの初期導入費用等をコストに参入せず、データが整備された後の事務作業部分の労務削減、コスト削減のみを算定している事例もみられたことから、さらなる実証成果の検証が必要である。

また、次年度は複数の地域協議会が共通して取組んでいる技術について、各地域の事業規模も考慮した上で平均的な削減効果を算定し、スマート林業の効果の一般化を目指す必要がある。

6.2.2. 実践上の課題と対策の共有

スマート林業実践対策に先駆的に取組んでいる地域協議会において発生している課題を広く共有することで、今後取組を考えている地域、林業事業体の参考とする必要がある。今年度は地域協議会同士の意見交換会を実施し、課題等を話し合う機会を設けた。この中では、構築したシステムの維持費用、補助事業後の協議会の運営主体などについて取り上げられた。

次年度は成果とあわせて課題と対策のとりまとめも必要である。

6.2.3. 協議会の維持と取組の継続

スマート林業実践対策の地域協議会は自治体が主導して立ち上げたものが多く、補助事業終了後の協議会の継続または取組を継続する新たな体制の構築が求められる。また実践対策の地域協議会の主体は、県森連または森林組合となっている。協議会が主体的に事業を行うことにより、補助事業終了後も継続的な取組が可能になると考えられる。

例えば…

山口県では（4.7.2.（1） 1）スマート林業機器等による事業地 160ha/年の確保）、協議会が地上レーザ機器 OWL を所有し、希望する林業事業体（協議会員以外も対象）に貸し出している。さらに、毎月「進捗状況報告」を作成し、協議会員に報告している。

また、テーマの一つとなっている需給マッチングの円滑化に対しては、商業ベースの取組でもあるため、実際の商流にあわせた協議会やグループを新たに結成することも適していると考えられる。

6.2.4. 地域全体の合意形成

地域協議会に川上側の林業事業体から川中・川下側の原木市場、製材工場等が参加して取組むことで、双方の状況を理解し、地域全体での収益向上を目指している。現状のスマート林業実践対策では川上側の計画分野における取組が多い状況であるが、川中・川下側でも実施可能な取組で変革を求めることも必要である。

例えば…

福島県では（4.2.2.（1）経営の効率性・採算性向上）、製材工場へ直送することで削減された輸送コスト分（製材工場側の利益）を、森林所有者や再造林経費として還元することも製材工場側の声としてあがっている。

一方、直送した製材工場の選木機で規格外とされた原木を、市場に持って行くように（輸送費のコストがかかる）と工場側から指示された地域もある。素材生産側での選木能力の向上と共に、製材工場側でのカスケード利用も必要であり、川上、川下双方の理解と努力が求められる。

6.2.5. 取組の対象範囲（原木量、需要者）の拡大

スマート林業実践対策においては、地域で初めての取組になることも多く、初めは少数の関係者、狭い地域を対象とすることはやむを得ないが、対象とする原木量が多くなるほど効率化の効果が高まることが考えられる。今年度までの取組では、量と効果の関係までは明らかとなっていないものの、今後はその点に着目する必要もある。

地域協議会によっては、地域特性により、他地域と連携することで量を確保することが適している場合と、地域内でのまとまりを強化することで量を確保することが適している場合があると考えられる。地域特性にあわせて、可能な限りの普及と原木量の確保・増大に努める必要がある。

例えば…

福島県では、浜通り、中通り、会津と県内が大きく 3 地区にわかれていることが知られている。この地域特性により、いわき地域では地域内において認証材から一般材に対象を拡大していく方向性が考えられる。

石川県では、県内複数個所で各地域それぞれの林業事業体において実証を行っており、地域の特性を活かしつつ、県内全域にスマート林業を普及させる方向で取組を行っている。

令和元年度スマート林業構築普及展開事業報告書

令和2(2020)年3月

共同企業体

(代表) 一般社団法人 日本森林技術協会 担当 大萱直花

〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地

TEL : 03-3261-5281 (代表)

住友林業株式会社 担当 岡田広行

〒100-8270 東京都千代田区大手町一丁目3番2号

TEL : 03-3214-2220 (代表)