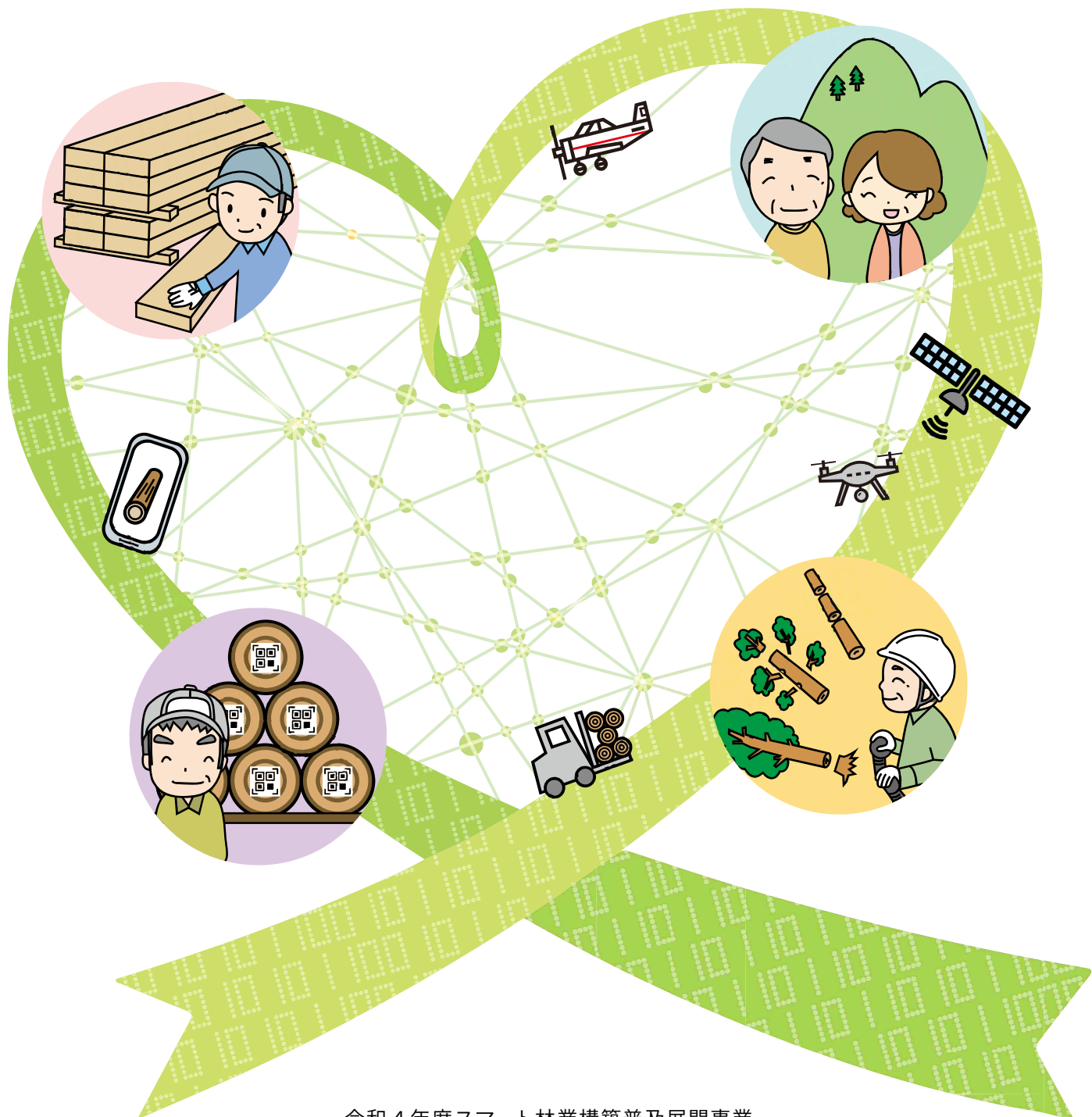


スマート林業 実践マニュアル

総集編
(準備～導入～継続)



令和4年度スマート林業構築普及展開事業

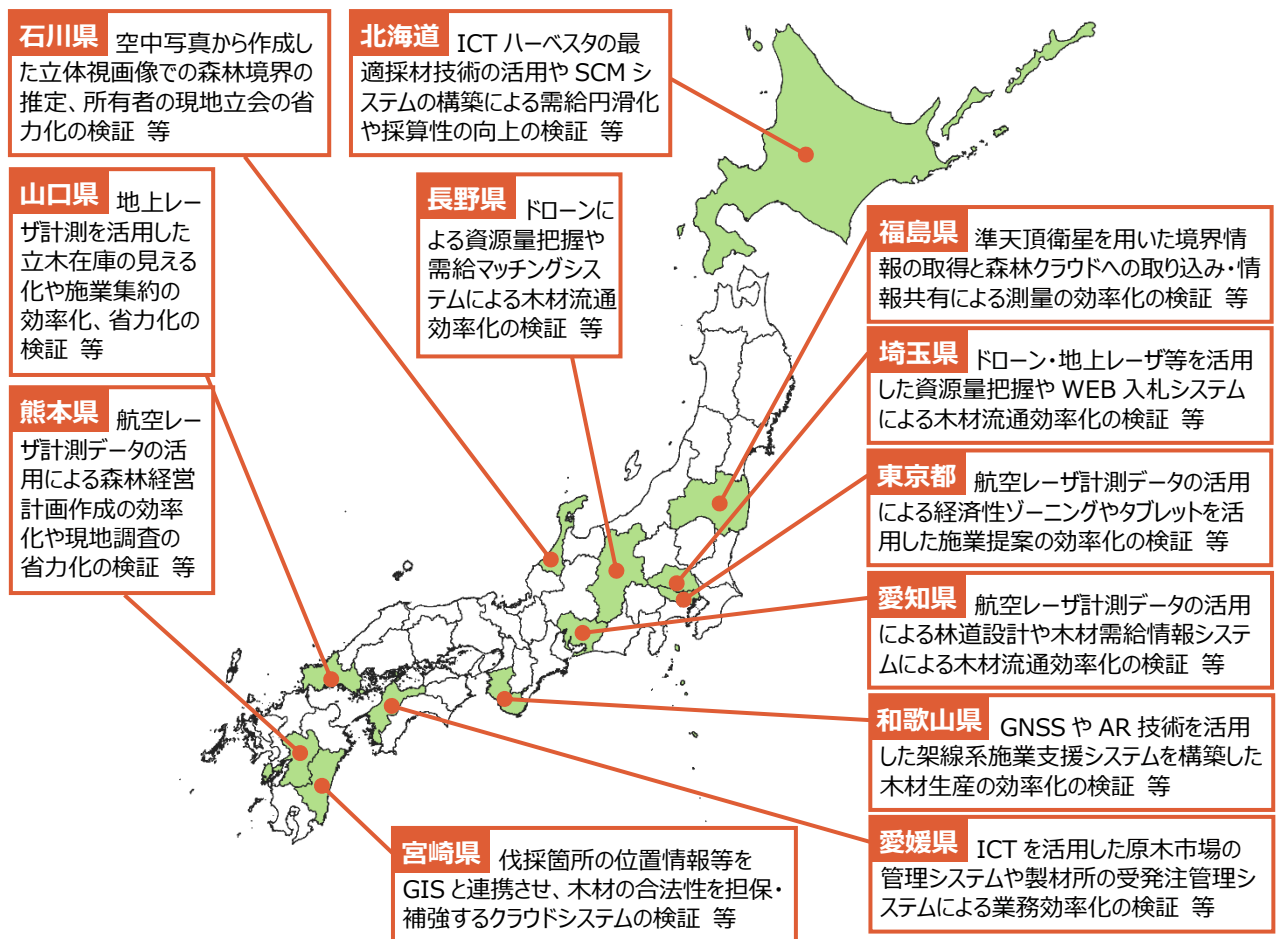
令和5(2023)年3月
林野庁



はじめに

このマニュアルは、これからスマート林業に取り組んでみたいと考えている林業事業者や行政機関、スマート林業技術を導入したものの課題に直面しているという方々に向け、取組の方法や課題解決のヒントをお伝えすることを目的としています。

これまでの5年間にわたり「スマート林業実践対策」を実施し、以下の12地域でスマート技術の導入を進めるとともに、導入効果や活用のノウハウ、取組の発展に向けた課題の整理を進めてきました。令和2年度よりスマート林業実践マニュアル『準備編』及び『導入編』を発行してきたところですが、このたび『継続編』を加えた総集編として、このマニュアルを作成しております。研修のテキストとするなど地域のコミュニケーションツールとして活用してください。



各地域の詳細な取組内容や個別技術の紹介については、「スマート林業構築普及展開事業」報告書・事例集なども参考にしてください。林野庁ホームページ「森林資源情報のデジタル化／スマート林業の推進」からご覧いただけます。



林野庁 スマート林業



https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/smartforest/smart_forestry.html

目次

準備編.....	1
1. スマート林業とは	2
2. 人材育成の工夫.....	5
3. 様々な視点からの取組.....	7
・ 林業事業者における ICT 技術.....	8
・ 行政による基盤整備.....	11
・ 川上から川下まで地域全体での合意形成.....	12
導入編.....	15
4. 導入に向けた手順.....	16
5. 目的をはっきりさせよう.....	17
6. 費用対効果の分析.....	18
7. 使ってみよう.....	21
・ 境界明確化・測量の効率化につながる技術.....	22
・ 施業提案の効率化と精度向上につながる技術.....	24
・ 素材生産における数量把握の技術.....	26
継続編.....	29
8. 継続的な取組のポイント.....	30
9. 継続的な取組事例.....	32
10. 終わりに.....	34

林業における DX とスマート林業

DX (ディーエックス: デジタルトランスフォーメーション) という言葉を耳にするようになりました。林業には関係ない、という方もいらっしゃるかもしれませんが。

DX は単にデジタル化する、新技術を導入するにとどまらず、【変革】することに意義があります。林業を取り巻く環境には、ウッドショックをはじめ気候変動など既に大きな変化が生じています。これに対応して持続可能な林業経営を維持するためには林業にも変革を起こす、DX が必要ということになります。

スマート林業に取り組むことで、森林資源情報の見える化や、新たな作業システムの導入による生産性の飛躍的な改善、サプライチェーンの最適化による木材の付加価値の向上など、今までの業務・組織風土が大きく変わるような【変革】のきっかけをつかむことができるでしょう。

準備



1. スマート林業とは

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のことです。

林業は、急峻かつ広大な森林を対象とし、造林から育成まで長い年月がかかり、重量のある立木を収穫するという特徴を持った産業です。今後、国内の労働人口は減少することが予測されている中で、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ともに、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ます。

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ともに、林業を魅力ある職場とし、担い手の確保・育成を進める。

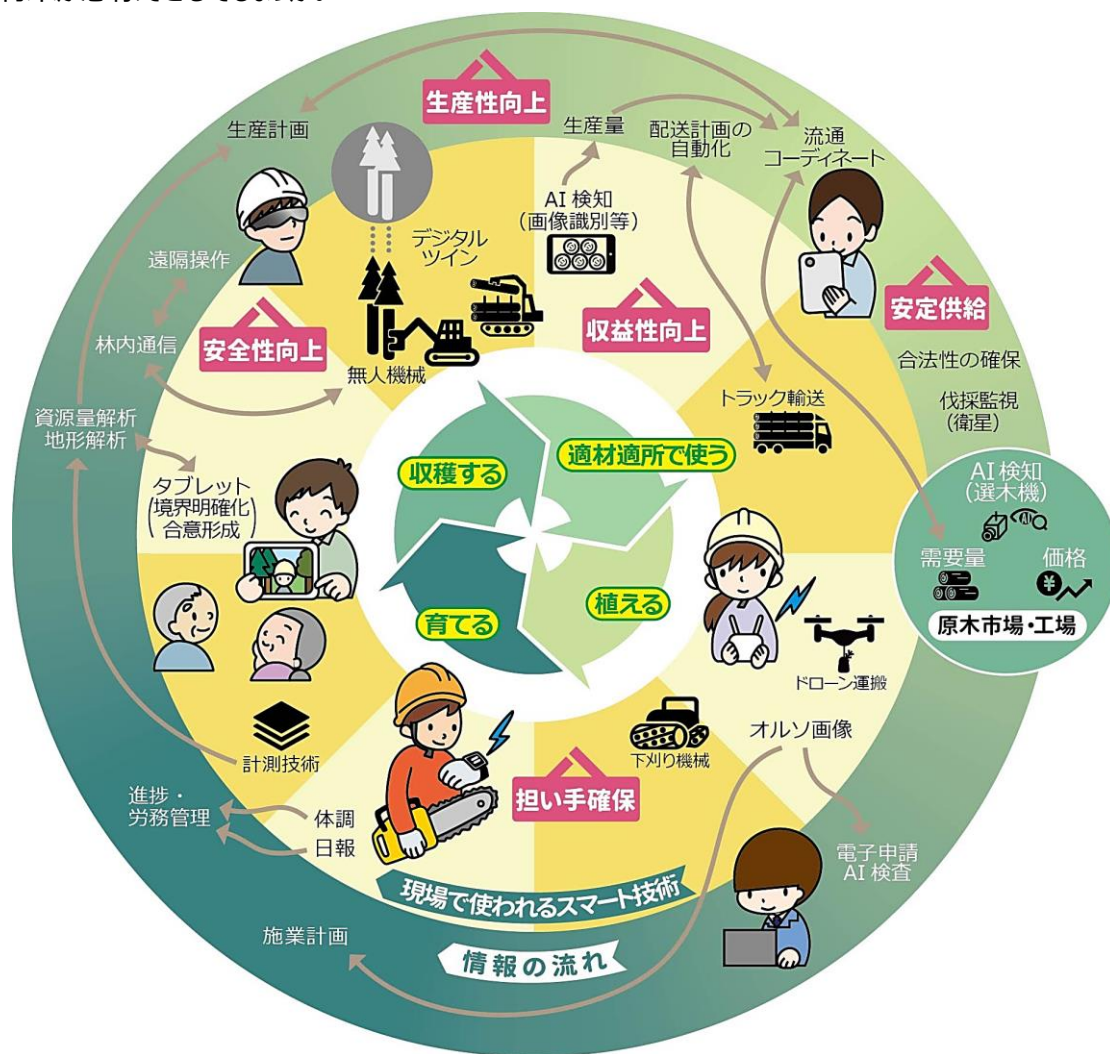


目標 2028年までにスマート林業をほぼすべての意欲と能力のある林業経営者に定着させる

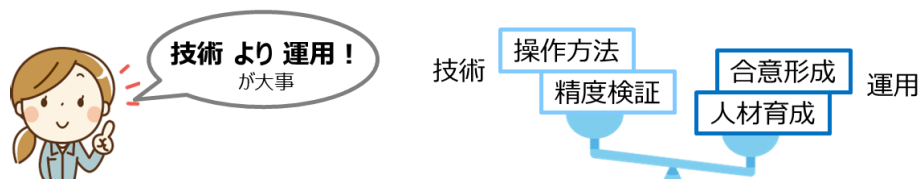
スマート林業では、施業の計画から造林・育林、伐採・搬出、流通、木材利用など全ての工程で様々な技術を活用することを目指しています。

スマート林業技術の背景には、クラウド技術などインターネット通信に基づく情報共有や、ドローンを含むロボット技術、人工知能・AI技術による自動判別などの基盤技術があります。

すでに実用化、商品化されている技術から、まだ研究段階の技術まで開発の段階は様々ですが、技術開発のスピードは速く、10年後には林業現場が大きく変わっているかもしれません。どのような将来が想像できるでしょうか。



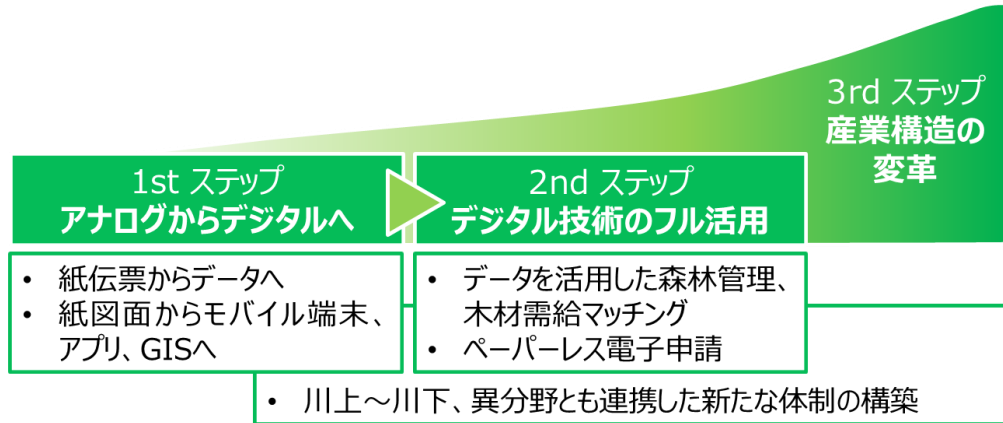
スマート林業という、最先端の技術導入が重要と思いがちですが、『準備編』で述べるように、人材育成と合意形成が重要となります。『導入編』でも、技術導入に先立った課題抽出とそれに基づく技術選定の重要性について述べています。つまり、技術面だけではなく、運用面、人とのコミュニケーションが重要ということになります。



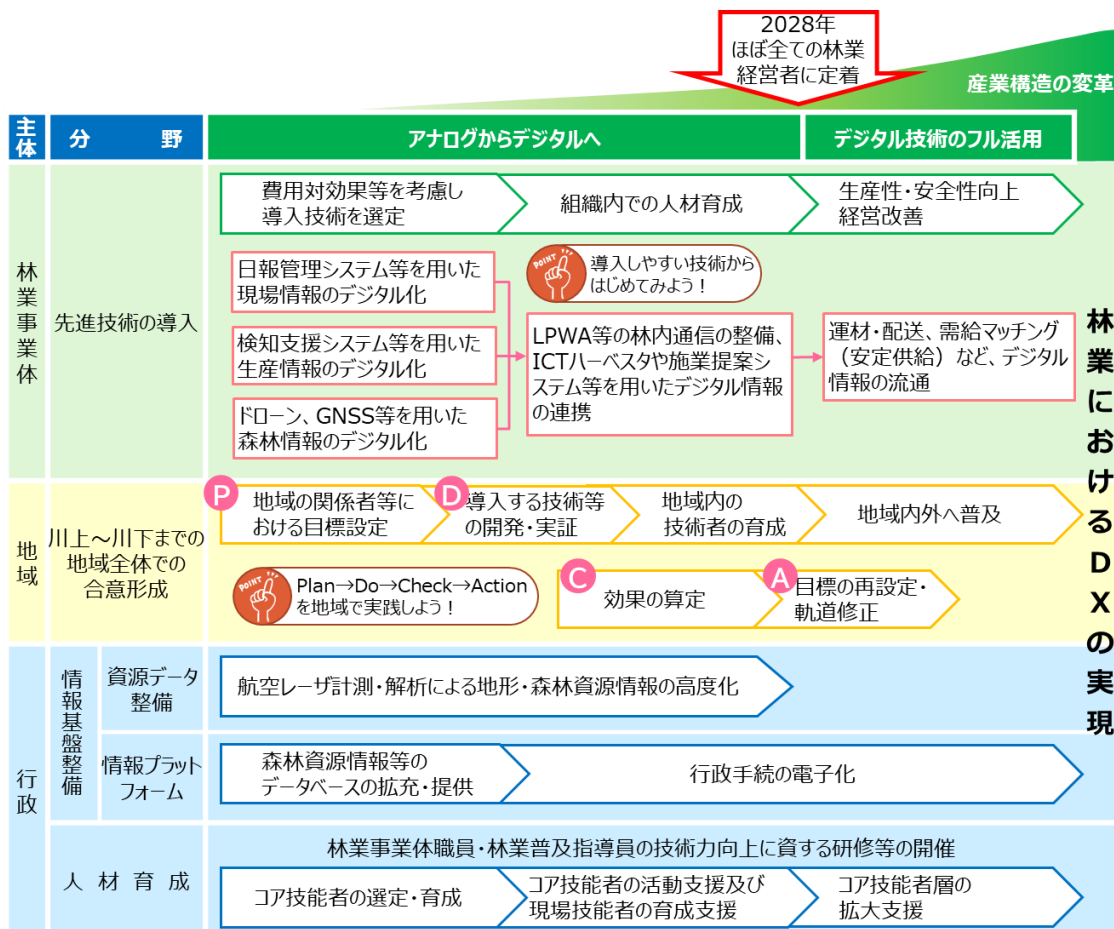


スマート林業実現へのステップ

スマート林業の実現に向けては、3段階のステップがあると考えられます。現在は多くの地域で1stステップ「アナログからデジタルへ」に取り組みつつ、2ndステップ「デジタル技術のフル活用」に向けて人材育成などを進めている段階と言えるのではないのでしょうか。3rdステップ「産業構造の変革」は、最終段階というより、1st、2ndの段階を踏むことで徐々に達成されていくものと言えます。



それぞれのステップについて、林業事業者、地域、行政の主体ごとに取り組むべき内容を示しました。地域によって進捗の度合いは異なりますが、2028年までにほぼすべての意欲と能力のある林業経営者が2ndステップ「デジタル技術のフル活用」に到達することが目下の目標（P.2 参照）です。

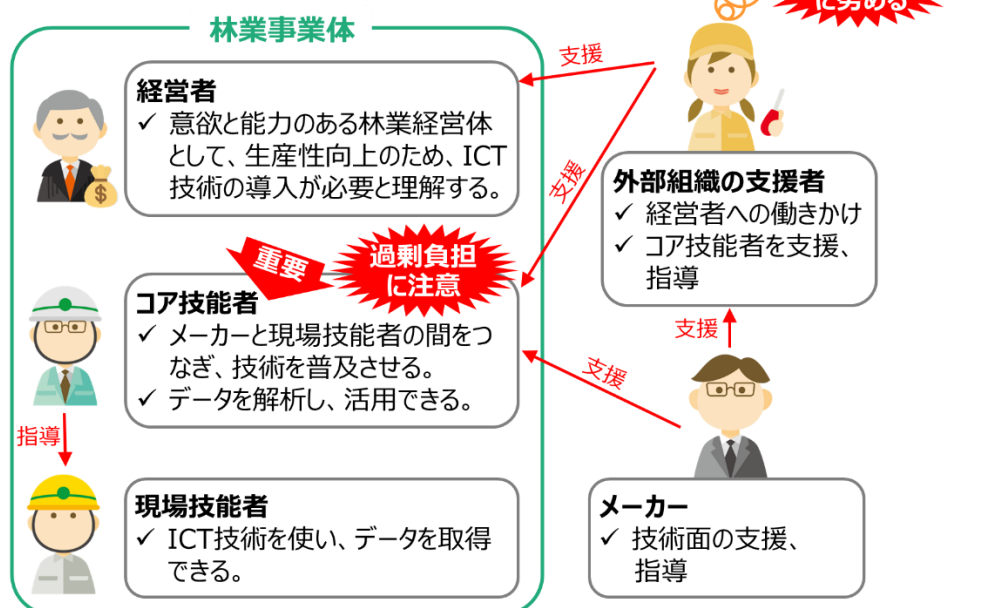


2. 人材育成の工夫

スマート林業の普及に向けた重要なポイントの一つが人材育成です。

スマート林業実践対策に取り組んでいる地域協議会では、**技術を導入しても人材不足が普及のボトルネックになる可能性**があるという声があがっています。地域協議会での取組の工夫を参考に人材育成の体制づくりを進めましょう。

この中でも、コア技能者と外部組織の支援者の役割が特に重要であると考えています。



POINT コア技能者の選定・育成

林業事業体の職員には、これまでは一律に技術の習得が求められてきましたが、**コア技能者と現場技能者に役割を分ける**ことで効果的に研修を進めましょう。コア技能者には若手などICTに積極的な人材を選定し、機材やシステムの操作方法から解析方法、原理などまで幅広く身につけることが求められます。現場のノウハウ、課題を**メーカーにフィードバックしてより良い製品**にしていけることでしょう。現場技能者には、基本的な操作方法を身につけ、正しくデータを取得すること、実際に現場でデータを用いて各種作業を効率化・高度化することが求められます。

コア技能者が講師となって現場技能者に研修することで、コア技能者の一層の技能向上と現場技能者の理解が進みます。ただし、従来業務に加え新たな技術の習得や実証が重なり、コア技能者の過負荷になるケースが多く見受けられます。このため**コア技術者は、従来業務の負担を軽減させる必要**があります。この点で、機材の購入費用などの初期導入コストに加えて林業事業体の負担になると言え、経営者の理解が必要になります。長期的にはスマート林業技術の導入により、労働環境の改善、生産性の向上などの効果が期待されますが、効果が発揮されるまでの期間は行政支援も必要です。



外部組織の支援者の選定

林業事業体内部のコア技能者を支える役割として、外部組織の支援者が必要になります。コア技能者の負担軽減に加え、技術の利活用についての経営者への働き掛けも林業事業体内部からは難しいため、外部からの指導が必要になるでしょう。具体的には都道府県職員や地域全体のコア技能者同士での連携体制、将来的にはスマート林業に取り組むベンチャー企業の参画なども想定されます。地域林政アドバイザーや地域おこし協力隊、都会からの移住者などにも参画を求めると支援者として幅広く人材を集められる可能性があり、地域で工夫してみましょう。

また、事業体の技術定着のみならず、行政職員の技術力向上、行政機関の体制構築も必要です。事業体がドローン画像を作成し、施工地の面積をGIS上で計測して補助申請しても、県のパソコンでは画像が開けず、紙に印刷して提出せざるを得ないなどの支障が想定されます。現場に導入される技術に合わせて行政側が対応できるようになる必要があります。

実践対策協議会の事例

【山口県】 県の出先機関にスマート林業推進員（県職員）を配置しています。推進員向けの研修を行ったうえで、推進員が各地域で林業事業体に現場で指導・普及しています。

【埼玉県】 協議会の若手メンバーを中心としてコア技能者を選任し、コア技能者が技術を習得し、現場技能者への技術普及を担っています。コア技能者が現場技能者にも分かりやすいマニュアルを作成する、研修講師を行う、等の取組を通して地域への技術の浸透・定着を目指しています。

【愛知県】 林業事業体の現場職員への技術研修のほか、経営者向けのトップ研修にもスマート林業を組み込んでいます。若手職員がスマート林業に関心を示しても、組織の上層部が認めないという弊害を解消するため、森林経営管理制度のもと、林業事業体の経営者が取り組むべき生産性向上の一環としてスマート林業を位置づけています。

従来の技術研修は、メーカーから林業事業体の職員全員に広く行うことが一般的でしたが、メーカーから外部組織の支援者、コア技能者へ研修し、現場技能者へはコア技能者から研修するという2段構成の対応により、効果的に技術の普及が進むと考えられます。

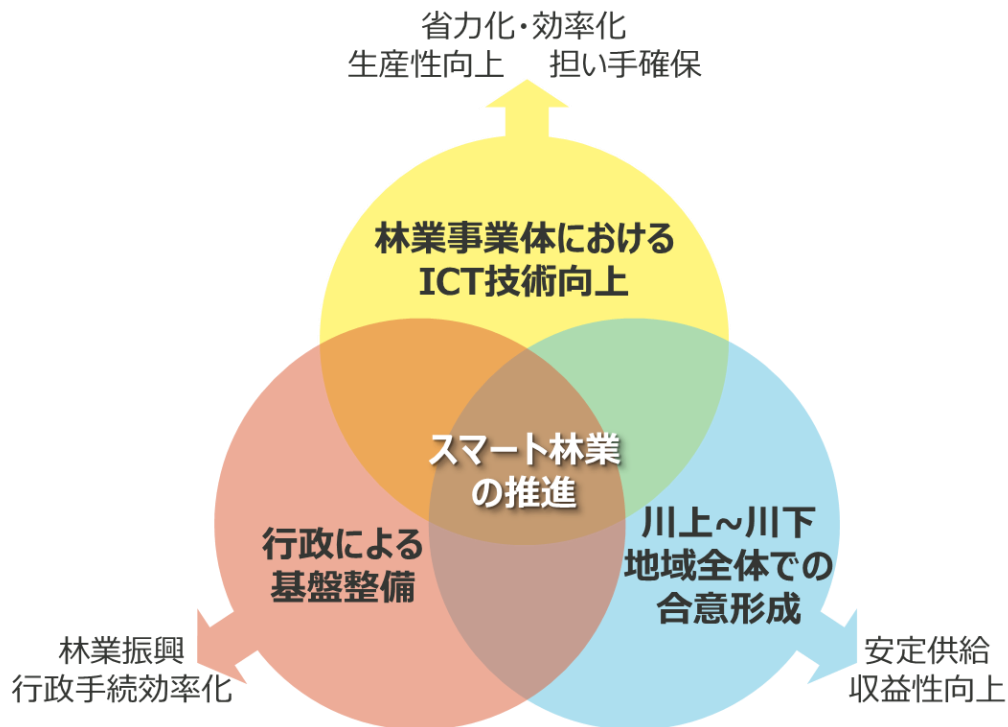


ドローン研修の様子

3. 様々な視点からの取組

スマート林業に取り組むのは、様々な立場に置かれた皆さんです。それぞれの立場の中で何から手を付ければよいのか、という疑問があると思います。本書では、林業事業者、行政、川上から川下までの地域全体という3つの視点からスマート林業の導入に向けた手がかりをお示しします。

この3つの立場のうち、どこかが突出したり、出遅れたりするとスマート林業の円滑な発展の妨げになるといえます。全ての立場で満遍なく進めていくことが理想的と言えるでしょう。



最終的に目指すのは川上から川下までの地域全体での木材の安定供給の実現です。海外では巨大垂直統合林産企業（伐採～製材～住宅、パルプ）による森林経営、林地投資会社による長期安定、再生産可能な投資先としての森林経営などが行われています。日本においても製材工場が山林を所有し経営する例も増えてきています。

これに対し、合意形成で地域の強みを活かせるかどうか、が勝負なのです。

以下では、様々な立場から手軽に取り組めるスマート林業技術の紹介と、さらに効果を高めるための合意形成の重要性について解説しています。

● 林業事業体における ICT 技術

林業事業体が単独で比較的手軽に取り組むことができる技術にはドローンや丸太検知アプリなどがあります。まずは今やっていることが楽になる、というところから始めてみましょう。

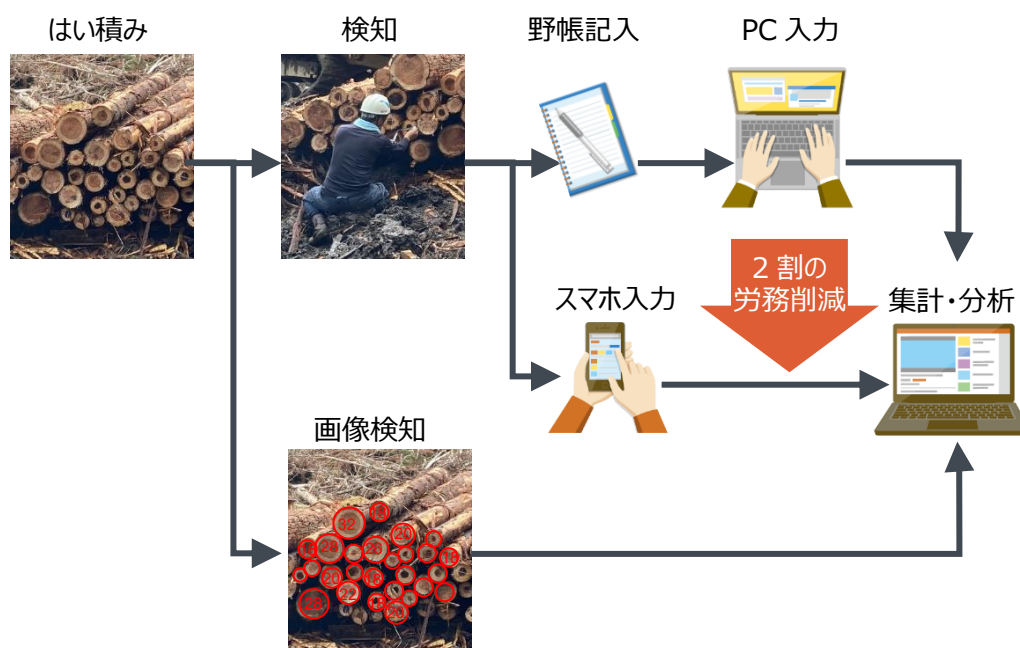


今やっていることが楽になる

今までは、検知結果を手書きで野帳に記入し、事務所でパソコンに入力することで、ようやくデータを集計・分析することができました。

スマートフォンやタブレットの丸太検知アプリを使うと、入力したデータがメールで事務所に送信され、すぐに集計・分析を行うことができます。これにより、実践対策協議会【長野県】では 2 割程度の労務削減を実現しました。

画像検知が実用できれば、丸太に尺をあてる作業も省略できます。画像検知の精度も向上していますが、データの精度について需要側の理解も必要であり、実用化している例はまだ少ないのが現状です。



今やっていないことができるようになる

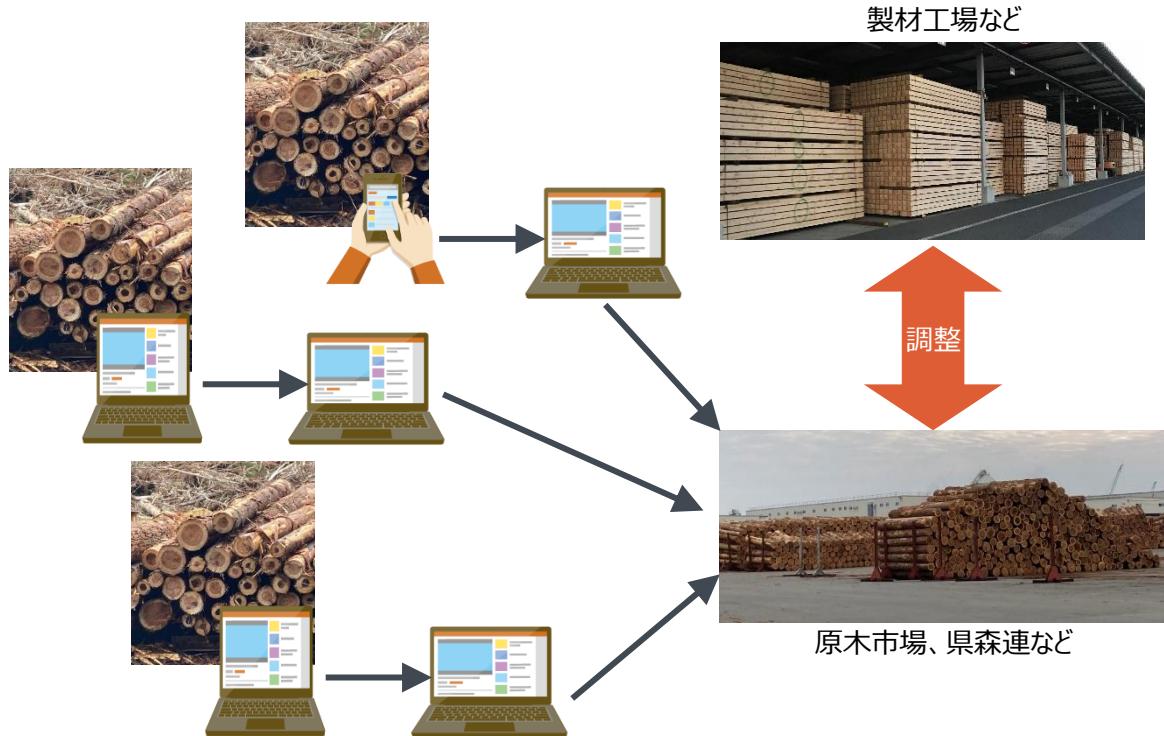
一方で、そもそも山土場での検知をおこなっていない、フォワーダやトラックの台数管理で数量把握は十分、という林業事業体もいるかもしれません。

しかし、造材精度を高めて収益を上げる、作業のボトルネックを把握して改善することで生産性を上げる、などのためには山土場での検知結果を分析することが必要です。やるべきけど大変だからできなかったことが、スマート林業技術により簡単にできるようになります。やっていない林業事業体からすると費用は掛かり増しになりますが、意欲と能力のある林業経営体に求められる、収益や生産性の向上のためには必要経費と言えるでしょう。



地域全体で使うとさらに効果があがる

丸太検知アプリは、単独の林業事業者が導入しても労務削減の効果がありますが、地域全体で利用し、データを集約することでさらに効果を高めることができます。



実践対策協議会【長野県】では、地域の複数の森林組合が丸太検知アプリを使い、県森連が情報を集約して木材流通を行うことで、様々な効果が得られました。

- ・ 取扱う現場数、ロットが拡大し時期による出材量が平準化
⇒より多くの材を安定供給できる体制へ
- ・ 木材径級情報を元に大径材を単価が高い販売先へ振り分け
⇒情報を活用した有利販売へ
- ・ 需要変動に対し情報を活用して売り先とマッチング
⇒予想外の需要変動などに対し、柔軟な対応が可能に

このように単独の林業事業者で使い始めた技術を地域全体に広げていくことで、より大きな効果が得られるようになり、木材の安定供給の実現につながります。手軽に始めて、徐々に合意形成を図りながら地域全体への取組に広げていけるとよいでしょう。

実践対策協議会が使用している主な丸太検知アプリ

- 【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】【埼玉県】Timbeter(株式会社森林環境リアライズ/Timbeter社)
- 【和歌山県】【熊本県】iFovea(アジア航測株式会社)
- 【和歌山県】きこりくん(山秀情報システム株式会社)
- 【北海道】mapry(株式会社マプリー)



コア技能者を選ぼう

「2. 人材育成の工夫」で述べたコア技能者を林業事業体の中で選定しましょう。ICT に関心がある人であれば老若男女を問いません。ICT は現場の労働負荷を軽減することも利点です。老若男女問わず様々な従事者がコア技能者として活躍することにより、これまで以上に新規就業者を確保することにもつながるかもしれません。

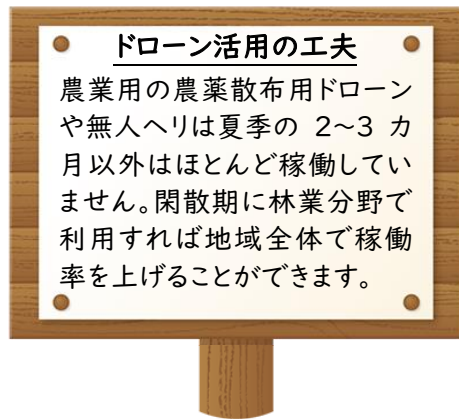
なお、新たな技術の習得や実証に携わるコア技術者については従来業務を軽減させる必要があり、その分一時的に林業事業体の負担が増加することに注意が必要です。

スマート林業技術の導入による効果が発揮されるまでの期間は行政の支援も必要です。



はじめてみよう

林業事業体単独で手軽に取り組み始められる技術には次のようなものがあります。スマートフォンは持っている人も多いのではないのでしょうか。林業事業体の中には、スマートフォンのメッセージ共有アプリを全員で利用しているところもあります。高齢の職員には「孫の写真がもらえるよ!」と言ってスマートフォンを使ってもらおうようにしたそうです。丸太検知アプリを使用する場合など業務用としてスマートフォンを配布している林業事業体もあります。



技術	概要
スマートフォン位置情報アプリ	現在位置や経路のログを取得し、GIS に出力できる。みちびき対応のスマートフォン機種を使うと山でも使えることが多い。無料～一部機能・商用有料。アベンザマップ Avenza Maps、ジオグラフィカ Geographica、スーパー地形等。
QGIS	無料で使える GIS ソフト。ドローンで撮影したオルソ画像や、スマートフォン位置情報アプリから出力したデータを使うためにも必要となる。基本的な使い方が分かれば、将来、森林クラウドが導入された場合にも応用できる。(参考図書:「業務で使うQGIS Ver.3 完全使いになしガイド」喜多 耕一、2019)
ドローン	画像撮影用(20万~100万円)から資材運搬用(200万円)まで様々な機能・機種がある。画像撮影は比較的容易で実践対策協議会でも林業事業体での活用が進んでいる。運搬用は高額で操作技術も高度なため、地域で機体や操縦者を共有する等の工夫も必要となる。



スマート林業技術の導入に必要な費用は都道府県や市町村からの補助金等を利用できる場合があります。地域の自治体に積極的に問い合わせしてみましょう。

● 行政による基盤整備

「2. 人材育成の工夫」や導入編「6. 費用対効果の分析」でも述べるように、民間の林業事業体では費用負担が困難なデータやクラウド等の整備を行いながら、人材育成などで支援をしていくことが行政の役割と言えるでしょう。スマート林業は最終的に地域全体での安定供給を目指すことから、合意形成の場を行政側から用意することも考えられます。しかし、最終的には価格交渉や需給調整など経済活動に関わってくるため、行政の範疇を超えていくことになります。

実践対策協議会でも、行政主導から民間主導への転換は今後の課題の一つです。



スマート林業の基盤整備

林業事業体が単独でも比較的利用しやすいドローンについても、効果的に活用するためには下表のように航空レーザ計測や森林クラウド、電子申請の併用が必要になります。ドローンで撮った画像を行政と共有し、書類が減るくらいでなければ、林業事業体への普及も進みません。

データの標準化

森林簿や航空レーザ計測データの標準仕様が作成されています。標準仕様に即したデータとすることで、システム開発のコスト削減や利用者拡大が見込めます。

技術	概要
航空レーザ計測による 詳細な地形情報や 森林資源情報の整備	<p>実践対策協議会の実証でも、航空レーザ計測による森林資源情報を元に毎木調査を省略したり、精細な地形情報で路網計画を効率化したり、効果が得られている。面積あたりでは高精度なデータを安価に得られると言うことができ、地形情報は災害時の基礎データにもなることから、行政の立場で必要な情報として導入する。</p> <p>ドローンで撮影した写真の解析でも森林資源量を求めることができるが、そのためには航空レーザ計測で取得した高精度の地形データが必要である。</p>
情報共有の基盤となる 森林クラウド等の整備	<p>航空レーザ計測データは大容量であり、林業事業体に個別にHDDで配布することは現実的ではない。例えば、森林クラウド上でのデータの提供や施業提案等の機能を付与する必要がある。</p>
電子申請等 ICT 利用 促進の仕組みづくり	<p>ドローンで撮影したオルソ画像で森林整備事業の申請・検査が可能となったが、申請データをHDDで提出するのでは書類提出と大差がない。電子申請で効率化を進める必要がある。</p>



人材育成の支援

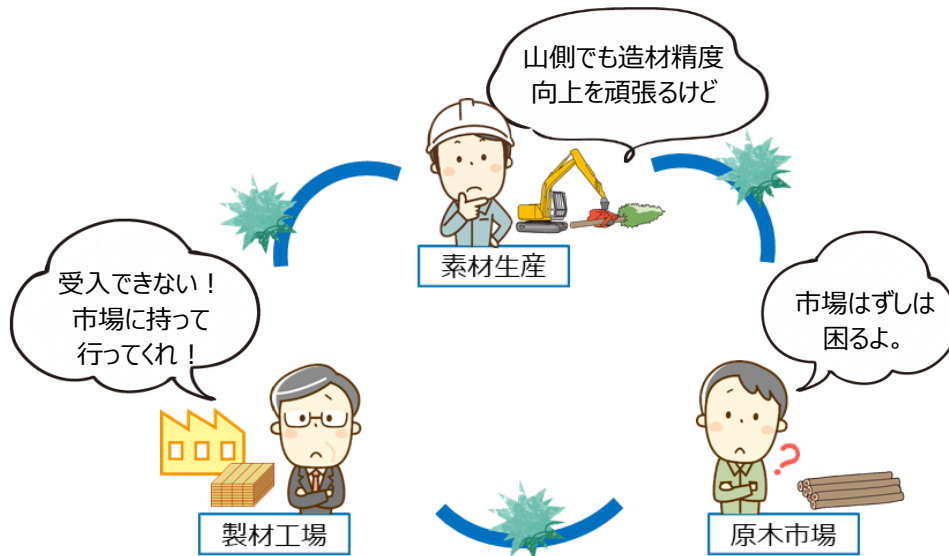
前述したとおり、林業事業体が単独で新たな技術の習得や実証を行う場合、直接的な費用以外にも従来業務との調整など、林業事業体の負担が生じることに注意が必要です。そのため、実証費用や人材育成への支援が必要です。実践対策協議会では、県の林業試験場が研修を行う、県職員がスマート林業推進員を務める、などの取組を行っています。

● 川上から川下まで地域全体での合意形成

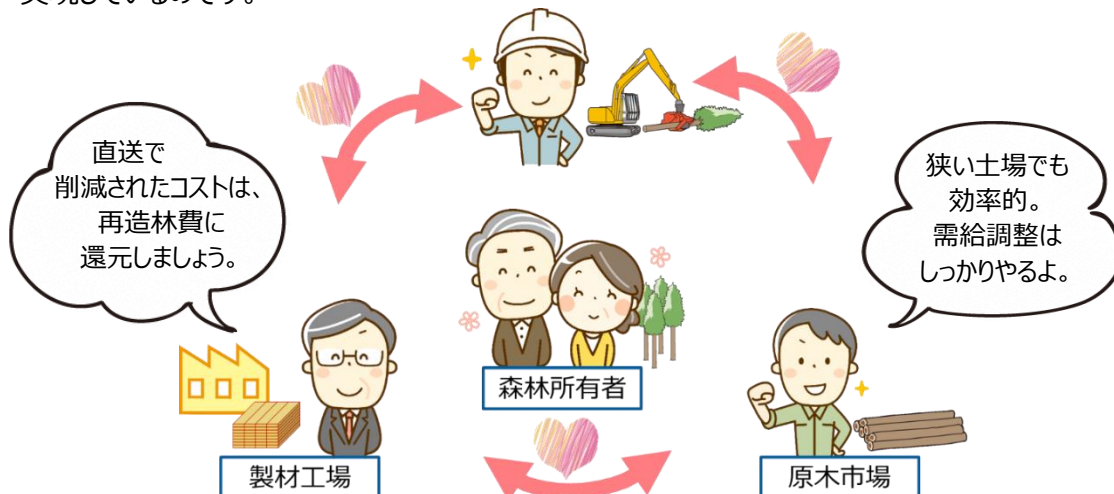
スマート林業では木材の安定供給を目標の一つにあげています。その実現にはシステムの導入だけでなく、林業事業者、原木市場、工場など需要先との合意形成が重要です。

例えば、製材工場などへの原木の直送を目指した需給マッチングシステムですが、合意形成ができないままシステムを導入しても…直送で輸送費を削減したいはずが、製材工場が受け入れを拒否。結局、原木市場への輸送費がかかってしまった、という事例もあります。

伐採する際の造材精度を向上させることも必要ですが、製材工場側で様々な出材に対応できるようなカスケード利用に向けた努力をしてもらうことも必要かもしれません。



需給マッチングシステムを導入し、直送が成功している地域では、実は長年をかけて合意形成を実現しているのです。



実践対策協議会の事例【福島県】

森林所有者、森林組合の立場からは、長年、木材を安く買い叩く需要者のことを快く思っていませんでした。しかし、飲み交わしながら次第に本音が言えるようになると、お互いに課題があり、一緒に解決していこうという信頼関係が生まれました。2020年度には森林組合、原木市場、製材工場と直送に関する協定を結ぶに至りました。



合意形成の場を作ろう

このような地域における合意形成を行うための方法の一つとして、協議会の設立があります。

協議会の設立方法の一つに、地域の既存のグループなどを基にする方法があります。これまでの話し合いの結果を実践する場として協議会を活用でき、スマート林業の効果も比較的早期に発揮される可能性があります。話し合いが進んでいない地域で合意形成の場として協議会を立ち上げる場合は、スマート林業の技術導入の効果が出るまで時間が掛かるでしょう。例えば、実践対策協議会の中には、スマート林業の協議会を立ち上げるまで 10 年程度の話し合い期間があった、ということもあり、合意形成には時間が掛かるものとしてじっくり取り組む必要があります。

設立方法	特徴
既存のグループ、協議会を発展させる	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の林業の課題について既に話し合いが進んでおり、スマート林業の実践の場として協議会を活用できる。 ・協議会設立から実効性のある技術導入までを早期に実現できる可能性がある。
新規に協議会を設立する	<ul style="list-style-type: none"> ・地域での課題の共有、合意形成の場として協議会を活用していく。 ・合意形成のスタートラインであり、スマート林業導入の効果が出るまでは時間が掛かる可能性がある。

協議会の対象地域の範囲としては、狭い範囲から広い範囲までの事例があります。それぞれにメリット、デメリットがあり、いずれから協議会をスタートさせたとしても将来的には異なる方向性に対する取組が必要になります。狭い範囲からスタートした場合には、原木取扱量を増やしコストメリットを出すために地域の拡大が必要になり、広い範囲からスタートした場合にも地域ごとに作業システム、商流などが異なるため、きめ細かな地域別の取組が必要となるのです。

範囲	特徴
市町村単位	<ul style="list-style-type: none"> ・日頃から話し合いやすい ・原木取扱量によるコストメリットが出にくい
複数市町村単位、流域単位	<ul style="list-style-type: none"> ・情報基盤（航空レーザ計測、森林クラウド）の導入や人材育成には都道府県との連携も必要
都道府県単位	<p style="text-align: center;">↑ トレードオフの関係にあり、バランスが必要 ↓</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高額な機器・システムも共有しても費用対効果を出しやすい
都道府県を超えた範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・原木取扱量によるコストメリットが出やすい ・地域ごとの作業システム、商流の違い等に対応が必要

実践対策協議会の事例【宮崎県】

県主導の協議会は県森林組合連合会、県造林素材生産事業協同組合連合会、県木材協同組合連合会等から構成し、振興局単位程度で市町村、森林組合、素材生産業者、原木市場、製材工場等からなる地域部会を構成しています。地域部会はまだ県全域をカバーしておらず、ヒアリングを繰り返しながら少しずつ進めています。地域部会では

● 素材生産業者からも活発な発言があり、意見交換が進んでいます。

協議会の構成メンバーには下表に示す全ての人を揃える必要はありませんが、**川上、川中に偏らず、異なる立場のメンバーが参加**することが重要です。また、市町村単位での協議会においては、データ整備や人材育成などにおいて**都道府県の支援**が重要になるため、設立当初から役割分担、協力体制について協議しておきましょう。

構成（例）	役割
都道府県、市町村	情報基盤（航空レーザ計測、森林クラウド）の整備、広域への普及、人材育成
研究・教育機関（林業試験場、大学、林業大学校等）	技術導入の支援、地域に適した手法開発
都道府県の森林組合連合会、素材生産業協同組合	現場での効率的な手法開発、実運用での効果発揮、需給調整、コーディネーター
森林組合、林業事業体	供給情報の提供、現場での効率的な手法開発、実運用での効果発揮
木材流通（原木市場、商社等）	需給調整、需給コーディネーター
製材工場、合板工場、プレカット工場、チップ工場、製紙工場、バイオマス発電所	需要情報の提供

協議会の**設立目的はできるだけ明確**にすることが望ましいといえます。県全域での素材生産量の増加といった大きな目的を掲げると、各メンバーの主体的な参加動機が薄れてしまいます。短期目標や、メンバーごとのより具体的な目標も掲げることで積極的な参加とその先の具体的な成果につながります。**成果が明らかになると、周辺への波及効果**が発揮され、取組の段階的な発展が期待できます。

木材サプライチェーンにおける合意形成

実践対策の協議会においては、需給マッチングシステムの構築をテーマに取り組んだ場合でも、需要者側との情報共有について課題を残す結果もありました。

今後は、まず木材検知アプリや ICT ハーベスタなどで検知した結果に基づいて商取引を行う、というところから始めることが目標となります。この場合、それぞれの手法の精度を明らかにしつつ、取引者同士が作業効率と精度を比較考量した上で取引することが必要です。このためには、信頼関係の構築、合意形成が重要となります。

一方、価格に関する情報は秘匿性が高く、取扱いによっては川上と川下の利益相反や、川上同士、川下同士の競合の要因となります。そのため情報共有を図る前に、対象とする原木や製品の範囲、具体的な商流と物流、情報の管理主体や共有体制など、サプライチェーンの内容を具体的に規定するとともに、参加者全員がメリットを感じられる共通の目標について、十分な合意形成を図ることが重要となります。

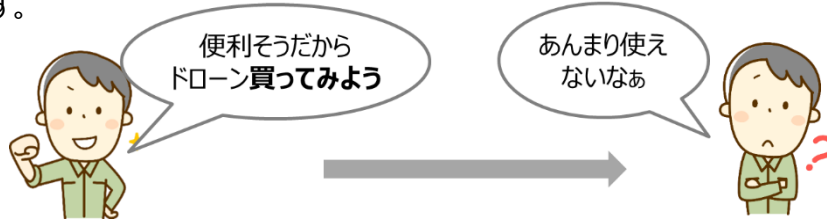
導 入



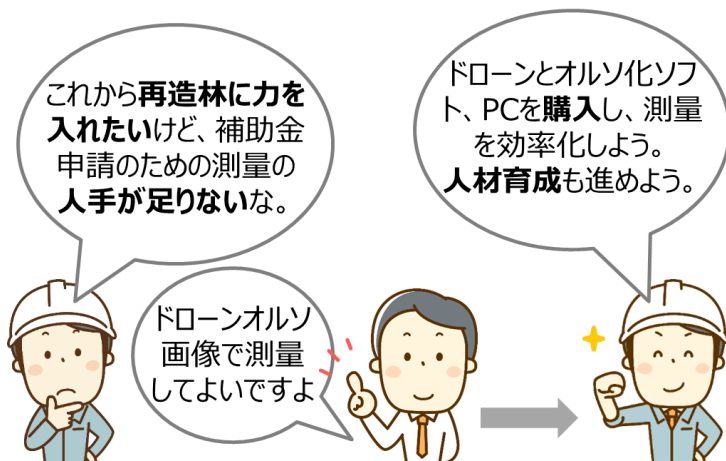
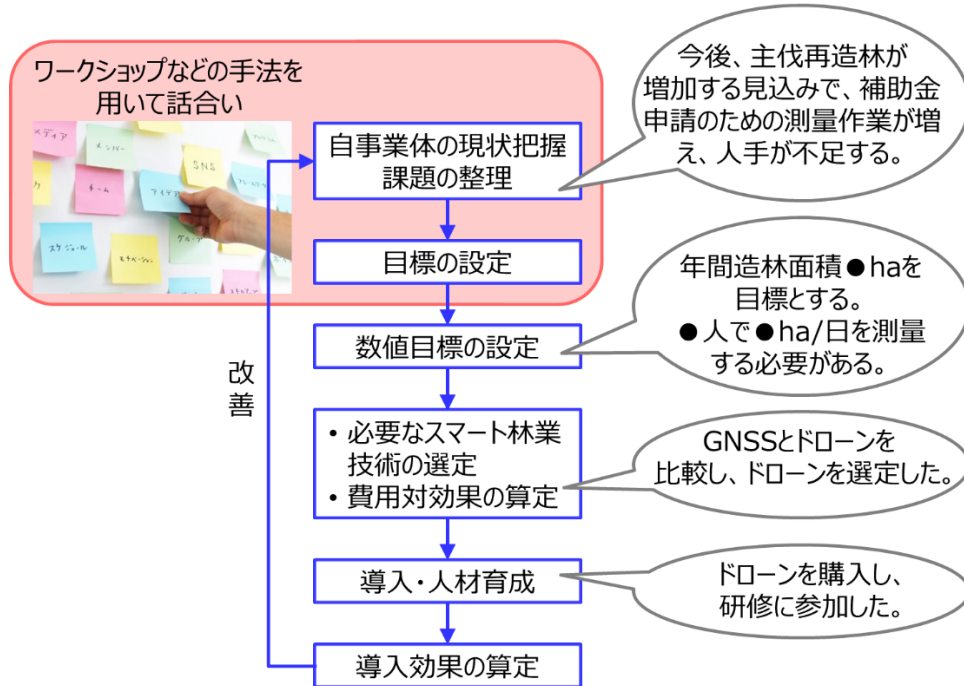
4. 導入に向けた手順

スマート林業技術は、技術の導入自体が目的ではなく、自分たち林業事業者や地域における課題を解決する手段の一つとして導入するものです。

流行に乗ってとりあえずドローンを買ってはみたものの、使いこなせずに棚に仕舞いこんでいるという話を耳にします。



本来は、林業事業者の中で課題を整理し、その対策につながる適切な技術を選定するという手順が必要です。技術導入にあたっては、次のような手順で検討しましょう。ただし、技術の比較検討に必要な導入効果の算定事例がまだ少ないことも課題としてあげられます。



行政の電子化
 事業者には技術を普及させるには電子申請など行政側の対応も必要です。支援する立場として技術力の向上に努めましょう。

5. 目的をはっきりさせよう

個々のスマート技術について調べる前に、自分たち事業体に、どのような課題があるのか、将来の目標は何か、みんなで話し合いながら整理してみましょう。

その上で、将来の目標にむかって具体的な数値目標の設定も行いましょう。例えば、森林経営管理制度における「意欲と能力のある林業経営者」においては、生産量増加の目標又は生産性向上の目標を有することが条件の一つとなっており、数値目標の設定と、その達成を証明するための数量把握が必要です。



自由に意見を出し合ってみよう

事業体内で集まり、職務や役職を越えて自由に意見を出し合いながら、現状の課題や将来の目標を考えてみましょう。

参加者	事業体内で、現場職員、班長、経営者などできるだけ幅広い関係者が参加して、様々な立場から意見を出し合えるとよい。
テーマ例	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10年後、どのような職場になって欲しいか ・ 職員の採用を増やすにはどうしたらよいか
話し合いの流れ	<p>5人前後の班に分かれる。</p> <p>10分間程度で各自の考えを大きな付箋に書き出す。</p> <p>似た内容の付箋をグループにまとめ、タイトルを付ける。</p> <p>グループ同士の関連性に従って、グループを並べ替える。</p> <p>結果を文章にまとめる。= 将来の目標</p>



話し合いによるアイデア整理には様々な手法があります。インターネットで検索してみてください。

ブレインストーミング 🔍

KJ法 🔍

SWOT分析 🔍



具体的な数値目標を立ててみよう

話し合いでまとめた将来の目標に対し、具体的な数値目標を立ててみましょう。例えば、森林経営管理制度における「意欲と能力のある林業経営者」においては、生産量増加の目標又は生産性向上の目標を有することが条件の一つとなっています。また、森林組合においては、「森林組合運動方針」の中で数値目標を設定していることでしょう。

その後は、数値目標達成のため、常に数量を把握しておく必要があります。本書では、数量（生産量、生産性）を把握するためのツールをご紹介します。

数値目標設定の例

- 森林経営計画策定面積
- 森林施業プランナー認定者数
- 施業面積（新植/間伐/主伐）
- 生産性（主伐/間伐）
- 生産コスト（主伐/間伐）
- 素材生産量（主伐/間伐）

6. 費用対効果の分析

現状の課題を抽出し、目標を定めたところで、新しく導入する技術や機材の費用対効果を確認しましょう。



導入効果額の算定方法

導入効果額は以下の式の通り、効果と費用の差額により算定されます。2018年度から5年間、スマート林業実践対策に取り組んだ12協議会の例では、素材生産分野におけるスマート林業の導入により100円/m³~1,000円/m³程度の導入効果が見込まれました。

$$\text{導入効果額} = \text{効果} - \text{費用}$$

効果: 労務時間短縮等によるコスト削減 + 販売価格の向上

費用: 初期費用(イニシャルコスト) + 維持管理費用(ランニングコスト)

各地域協議会の実証結果では、様々な技術の導入により、労務時間の削減など費用削減効果が確認されています。原木の販売価格については、スマート林業で導入したシステムなどを用いることによる素材生産量の増大、安定供給の実現により、特に直送の協定販売価格の向上が期待できます。ここは販売先との価格交渉が鍵となり、合意形成の一環とも言えます。

初期費用(イニシャルコスト)はシステム構築や機材購入にかかる費用であり、減価償却(3~5年程度)を考慮します。維持管理費(ランニングコスト)にはシステムやサーバの利用料などが含まれます。

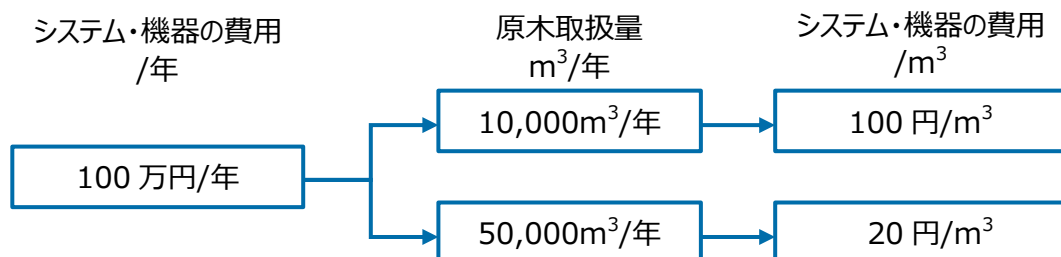
導入効果額算定を検討する上で、次の点に特に注意が必要です。

- ・ 対象とする原木取扱量に応じて効果額が変動する。
- ・ 行政が整備すべきデータなどは初期費用に算入しない。

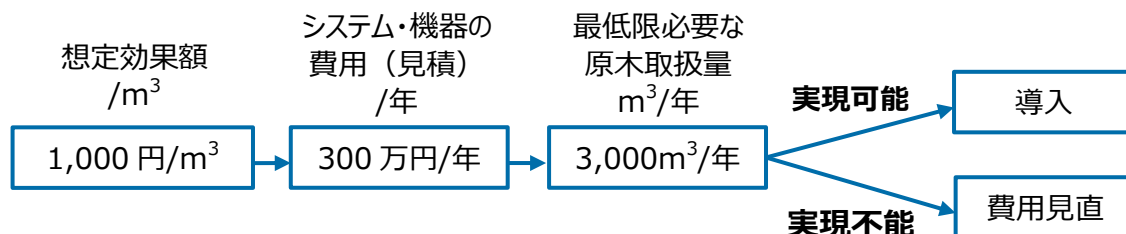


取扱数量に応じた導入効果額の変動

例えば素材生産分野において、導入したシステムや機器にかかる費用が取り扱う原木の量により変動しない固定価格の場合、原木の取扱量が増えることによって、m³あたりの費用が下がることになります。そのため、スマート林業を浸透させ、対象となる原木の取扱量を増やすことが、将来的に導入効果額を増やすことにつながります。



逆に、スマート技術を導入する際に、見込まれる導入効果額がプラスになるような取扱数量を近い将来達成できるかどうかを事前に把握した上で、導入するシステムや機器の内容を見直す等の対応が必要となります。もし、その数量の達成が難しいようであれば、スマート技術導入に関する補助金等を活用できないか検討します。その際、作業安全対策につながるなど、金銭で評価しにくい定性的な価値についても考慮することも必要です。



各協議会の実証成果から導き出された、スマート技術の導入効果の標準的な例を、以下に示します。費用削減効果は実証モデル地区（小面積）における出材数量あたりの金額から、販売価格向上効果とシステム・機器の費用は、協議会の取扱数量あたりの金額から算定しています。この例では、費用対効果をプラスにするためには、最低 9,292m³ の原木取扱数量が必要となることを示しています。

項目、		導入前	導入後	差額	説明・備考	
数量	モデル地区の施業数量			1,000m ³	間伐10ha×100m ³ =1,000m ³ （スギ）	
	協議会の目標取扱数量			9,292m ³	各協議会の目標とすべき取扱数量	
効果	費用削減	事業地確保	50円/m ³	20円/m ³	30円/m ³	ドローン・地上3Dレーザによる現況把握
		伐採計画	80円/m ³	30円/m ³	50円/m ³	航空レーザデータ+モバイルGIS
		路網計画	70円/m ³	20円/m ³	50円/m ³	路網設計支援ソフト
		路網作設	円/m ³	円/m ³	円/m ³	
		伐木・造材・集材	円/m ³	円/m ³	円/m ³	
		トラック運材	3,000円/m ³	(40%)2,000円/m ³	400円/m ³	原木市場経由:直送 7:3→3:7
		販売経費	1,500円/m ³	(40%)500円/m ³	400円/m ³	同上（仕分・検収）
		その他	円/m ³	円/m ³	円/m ³	
	販売価格向上	量の効果	円/m ³	200円/m ³	200円/m ³	製材用15千/合板用20千/バイオ用15千m ³
		質の効果	円/m ³	円/m ³	円/m ³	
効果額計				逆算 1,130円/m ³		
費用	各システム投資額計	-	90円/m ³	90円/m ³	ドローン10台+地上3Dレーザ5台購入	
		-	50円/m ³	50円/m ³	GIS・路網ソフト・検知システム10セット購入	
	各システム運用経費計	-	20円/m ³	20円/m ³	GIS・検知システム10セット保守	
		-	50円/m ³	50円/m ³	運営人員0.5人	
費用計				1,130円/m ³		
対費用効果額				0円/m ³		



行政が整備すべきデータ等は算入しない

費用として算入する項目には、スマート林業技術に関わる機材の購入費用やシステム構築費用（インシャルコスト）、運用に必要な年間経費（ランニングコスト）がありますが、行政のインフラ整備が期待される事項、例えば航空レーザ計測データの整備に要するコストなどは効果額算定には含める必要はありません。

林業作業	行政（インフラ整備）		民間（投資・必要経費）	
	役割	機器・データ・システム等	役割	機器・データ・システム等
境界明確化	地籍調査 林地台帳管理	・空中写真、航空レーザ計測データ、衛星画像 ・林地台帳システム	境界明確化	・GNSS(GPS)機器 ・測量システム・空中写真立体視システム
資源量管理	都道府県・市町村単位	・空中写真、航空レーザ計測データ、衛星画像	森林経営計画・施業区域単位	・地上レーザ計測データ、ドローン撮影データ
情報基盤		・GIS（森林クラウド整備）		・GIS（森林クラウド利用料・スタンドアロン）
施業計画・提案	市町村森林整備計画作成	・空中写真・航空レーザ計測データ・衛星画像	伐採計画 施業提案	・施業提案ツール（タブレット）
伐採・造材 集材・運材 検知 生産性管理		・	検知・取引数量把握 在庫管理 生産性管理 集材・配送管理	・検知支援システム（写真・音声入力） ・ICTハーベスタ・プロセッサ ・素材生産管理システム ・日報管理システム ・配送管理システム
路網整備	路網整備（林道・林業専用道）	・路網設計支援ソフト ・情報化施工対応機械	路網整備（森林作業道）	・路網設計支援ソフト ・情報化施工対応機械
需給マッチング	合法性確認	・トレーサビリティシステム ・木材SCMシステム（トレーサビリティのみ）	出荷地証明（合法木材・森林認証・地域材） 需給調整	・トレーサビリティシステム ・需給調整システム ・Web入札システム ・木材SCMシステム（各種機能）

整備効果

経済効果
(導入効果算定の対象)

ただし、行政によるインフラ整備が遅れている場合は、それに必要となるコストも事業者のコストとして算定に含める必要がでてきます。このように、行政によるインフラ整備が進んでいる地域と遅れている地域では、林業事業者が得られるスマート技術の導入効果に差が出ることになります。事業者におけるスマート技術の定着に向け、行政側が主体的にインフラ整備を進めるとともに、事業者側としても必要とするインフラ整備を行政に求めるなど、互いに連携していくようにしてください。

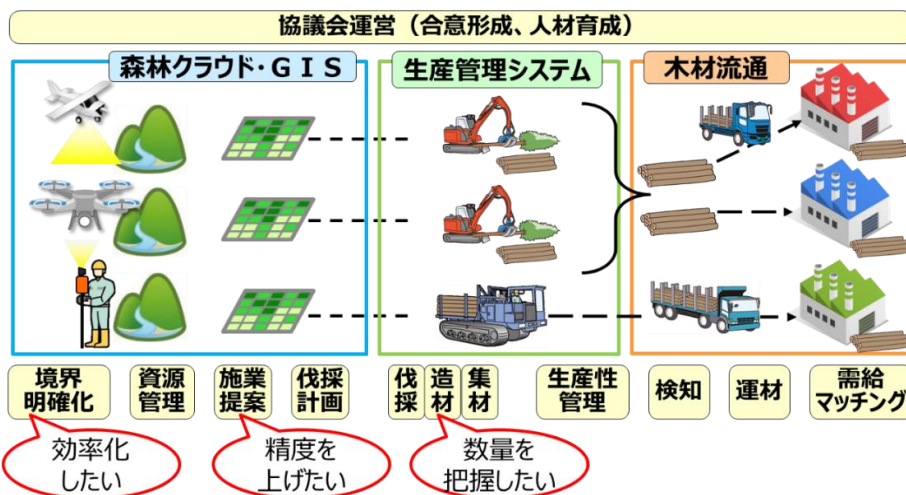
7. 使ってみよう

話し合いの結果、どのような課題、目標があげられたでしょうか。例えば、以下のように課題への対応策を考え、活用可能な技術、アプリを選定しましょう。本書の巻末も参考にしてください。

課題例	対策例	活用可能な技術
地籍調査が終わっていない	境界明確化を効率的に進める	GNSS 測量で効率化
森林所有者の施業への関心が低い	わかりやすく、精度の高い施業提案を行う	ドローン画像で現況をわかりやすく見える化
「意欲と能力のある林業経営者」 として生産性を向上させたい	週単位で生産量を把握する	アプリを使って生産量を管理

本書では、比較的導入しやすく、活用事例が豊富にある技術として次の3つを紹介します。

- 境界明確化・測量の効率化につながる技術
- 施業提案の精度向上につながる技術
- 素材生産における数量把握の技術



POINT 数値目標達成に向けて

目標の達成には技術の導入と合わせて、人材育成も必要ですので、本書『準備編』を参考にしてください。生産性の向上や、業務の効率化のために導入した技術であっても、すぐに効果を得られるとは限りません。新たな技術を使いこなすまでは、かえって今までよりも時間が掛かってしまうこともあるでしょう。目標が達成できなかった場合でも、日々の進捗を把握していれば、要因の分析から今後の対策を検討できるでしょう。

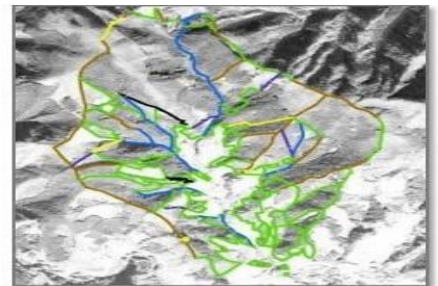


● 境界明確化・測量の効率化につながる技術

目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施業集約化や森林経営管理制度の集積計画作成を行う場合に必要境界明確化及び境界測量を効率的に進める。 ・ 造林補助金の申請等における施工地の測量を効率的に進める。
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過去の空中写真や航空レーザ計測データなど様々な情報に基づき、境界候補図をデータとして作成する。 ・ ドローンによるオルソ画像や GNSS を用いて測量を行う。
考慮すべき条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地籍調査の進捗状況。 ・ 航空レーザ計測による地形データの有無。 ・ 造林補助金の申請等に GNSS やドローンオルソ画像の活用が可能か。 ※都道府県により異なる。順次対応予定。

境界明確化の作業においては、測量精度自体よりも合意形成の過程が重要と言っても過言ではありません。測量によって境界を決めるのではなく、森林所有者が納得したところが境界なのです。このため、様々なデータを使って机上で境界候補図を作成し、森林所有者への説明会で合意を得ることが重要です。GIS データとして境界候補図を作成しておけば、施業時に現地測量が必要になった際にも活用することができます。

境界候補図作成に利用できるデータ、技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ 過去の空中写真（拡大造林期の若齢林の方が林相界が明確） ・ 現在の空中写真、ドローンオルソ画像、ドローン動画 ・ 航空レーザ計測地形データから作成した微地形図 ・ 空中写真の立体視 ・ 鳥観図立体表示
今後の可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 林内撮影画像のリアルタイム配信（森林所有者は室内で配信画像を確認、指示） ・ 林内 360 度撮影によるバーチャル体験



3D画像化した空中写真で境界を推定
(実践対策協議会【石川県】)

● 実践対策協議会【石川県】 過去の空中写真、空中写真の立体視（もりったい）を活用して境界候補図を作成、住民説明会で合意を得ることができました。現地測量を省略できる場合は、大きな削減効果が得られました。	300ha/年を想定	(単位)	従来手法	新手法	●
	人工	(人日)	240	90	
人工×2万円/人日	(千円)	4,800	1,800		
費用/年（空中写真データ、ソフト・ハード）	(千円)		210		
合計金額	(千円)	4,800	2,010		
費用削減効果			-58%		

POINT GNSS 測量

境界候補図に基づいて合意形成し、現地測量を省略した場合でも、実際に施業をする際には測量が必要になる場合があります。その際、境界候補図のデータをタブレット、GNSS 等に取り込むことができれば、机上の境界案を現地に再現することが可能です。境界案と現地で確認した情報等に基づき、境界を特定し、GNSS で測量すると一から現地で測量するよりも効率的です。

造林補助金の申請に必要な面積測量においては、GNSS やドローンオルソ画像の利用が進んで

います。都道府県においても、林野庁通知に基づき、令和 2(2020)年度より順次、要綱の改正が進められています。スマート林業推進にむけ、GNSS 等の活用が可能な都道府県がさらに拡大することが期待されます。

新しい GNSS の技術として、「みちびき対応」、「RTK」を紹介します。

みちびきの利用には大きく 3 つの方法¹があります。

サービス	利活用
衛星測位サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・ スマートフォンやハンディ GPS でも利用可能。 ・ スマートフォン撮影写真の位置情報が向上。
サブメータ級測位補強サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の受信機を改良することで受信可能。 ・ 歩行者・自転車や船舶などタイムラグの影響を受けにくい利用者を想定。 ・ 森林測量に利用可能。
センチメータ級測位補強サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 専用の受信機が必要。 ・ 精密な測量、情報化施工（建設機械を高精度に操作し施工する手法）などでの利用を想定。



実践対策協議会【福島県】

実際に森林組合が林内においてサブメータ級とセンチメータ級を利用し比較したところ、本来であれば精度が高いセンチメータ級は林内の環境では計測が安定しない結果となりました。サブメータ級については、計測の安定性、測量精度、費用対効果の観点から効果が大きいと判断されました。

10ha/年を想定	(単位)	従来手法	新手法
人工	(人日)	7.0	6.3
人工×2万円/人日	(千円)	140	126
導入費用/年 (ハード：償却期間 5年)	(千円)	200	140
合計金額	(千円)	340	266
費用削減効果			△22%



RTK 測量²は、GNSS 衛星のほかに基準局の情報を用いて高精度に計測を行う方法ですが、これまでは高額な機器が必要でした。最近では携帯電話ネットワークにより送信される基準局情報³などが使えるようになり、安価に高精度な計測ができるようになりました。

前述のサブメータ級 GNSS が 100 万円前後の価格帯であるのに対し、DG-PRO1RWS（ビズステーション株式会社）は 10 万円前後のパッケージ価格となっています。ただし、携帯電波が届かないエリアでは計測値が安定するまで時間が掛かることがあるので注意が必要です。

¹ みちびき（準天頂衛星システム：QZSS）公式サイト参照 <https://qzss.go.jp/>

² GNSS を使用した測量のいろいろ 国土地理院 HP <https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>

³ docomo IoT 高精度 GNSS 位置情報サービス、ALES 配信システム など

● 施業提案の効率化と精度向上につながる技術

目的	<ul style="list-style-type: none"> 林業事業者が施業地を確保するために必要となる、森林所有者からの同意を得るための施業提案を効率的に進める。 施業提案の際に説明する森林の現状や施業の収支等の精度を向上させ、森林所有者からの信頼を高める。
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 施業提案アプリを用いて、森林の現状、施業内容、施業収支の見積もり等のデータを作成し、森林所有者に対して一連の流れとして説明する。 航空レーザ計測データやドローン・地上 3D レーザで取得したデータを用いることで、施業提案における森林の現状や施業収支の見積もり等の精度を向上させる。
考慮すべき条件	<ul style="list-style-type: none"> 森林所有者の森林管理や施業に対するニーズの把握。 航空レーザ計測データ（地形情報・森林資源情報）の有無。 施業収支の基となる過去の施業の生産性や原木市況の把握。



施業提案の効率化

林業事業者が施業地を確保するためには、森林所有者から同意を取得するための施業提案を行う必要がありますが、これには、森林の現状、提案する施業内容、施業収支の見積もり等を、それぞれ効率的かつ一体となって説明する施業提案アプリを使用することが有効です。

現在商用されている施業提案アプリの種類は多くありませんが、複数の実践対策協議会において、施業提案アプリが開発・導入されており、これを足掛かりとして今後、アプリの選択肢が増えることが期待されます。

施業提案アプリの選択にあたっては、自らの操作能力や、森林所有者の森林管理や施業に対するニーズに応じて必要な機能が備わっているかどうかを検討しましょう。

例えば、相続後の若い森林所有者の信頼を得るためには、分かりやすく、データで示すことが効果的でしょう。



分類	主な機能
森林の現状説明	輪尺や樹高測定器等による現地調査結果を表示する
	林内の状況を、画像（現地写真など）を用いて伝える
	地上 3D レーザ計測、航空レーザ計測やドローンによるデータを表示する
	GIS 機能を内包し、森林の位置や航空写真表示する
施業内容説明	必要な施業を判断するために、森林の現状を分析し、表示する
	提案する施業内容を説明できる
	施業による効果を説明できる
施業収支見積	施業対象森林の条件（傾斜・集材距離等）により、施業収支の簡単な見積を作成する
	アプリ上でパラメータを変更し、見積の再算定を行う



「SPIRIT OF FORESTER」
株式会社インフォアーム HP より



施業提案の精度向上

施業提案において、森林所有者からの信頼を高めるためには、施業提案内容の精度向上が必要となります。これまで、施業提案に関する資料を作成する手法としては、森林簿や森林計画図を参照し、プロット法による現地調査の結果を用いることが主流でしたが、施業後の実績との差異が大きい等、精度面の課題がありました。今後はスマート技術の活用により、施業提案に必要なデータ収集の効率化や分析の精度向上の両立を実現できる状況となっています。

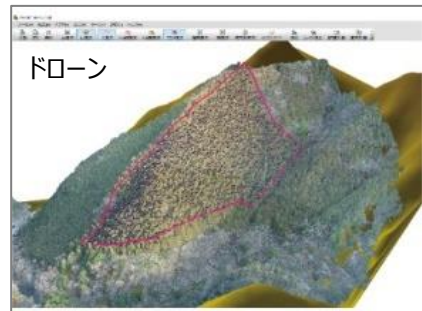
◎ リモートセンシングデータの活用

リモートセンシングデータの活用により、森林の現状説明や施業収支の見積りに使用するための、地形や林相、立木の混み具合や材積等のデータ精度を向上させることができます。航空レーザ計測データを利用できる場合は、それを用いるのが最善ですが、利用できない場合は、空中写真や衛星画像、国土地理院が提供するメッシュ標高データで代替することとなります。なお、リモートセンシングデータは、データ取得から時間を経ている可能性がありますので、現在のデータを推定して使用する等の注意が必要です。

◎ 現地調査の効率化

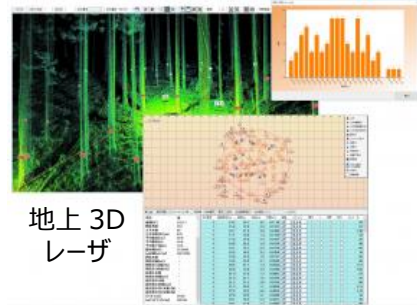
現地調査においては、輪尺や樹高測定器を用いる従来型の手法に代えて、地上 3D レーザ機器を用いると、直径や材積だけでなく、立木位置や採材予測のデータも併せて取得することができます。画像は、森林所有者に対して、森林の現状を説明するわかり易い資料になります。

なお、地上 3D レーザ機器やドローンについては、施業提案アプリとセットで販売されている製品も存在し、現地調査から施業内容の検討、見積作成まで一連の業務を行うことができます。



「Assist Z」

株式会社ジツタ HP より

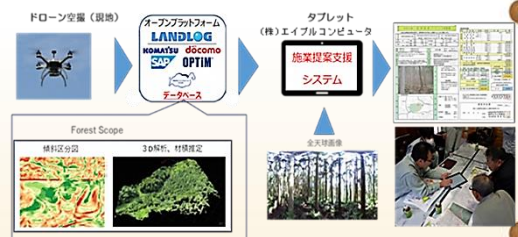


「OWLManager」

株式会社アドイン研究所 HP より

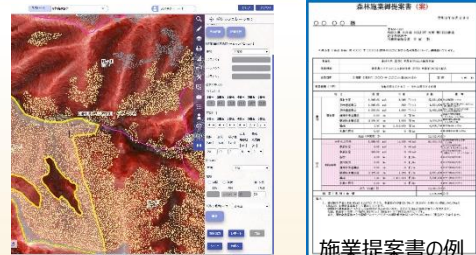
実践対策協議会【石川県】

ドローンによる森林資源量調査で取得した 3D 解析画像や、現地で撮影した全天球写真データを活用し、施業提案書を作成することが可能となりました。森林所有者への説明にはタブレットを使用し、わかり易く信頼性の高い提案を実現しています。



実践対策協議会【和歌山県】

航空レーザ計測による森林資源情報を基に「森林施業カルテシステム」を用いて、施業提案の効率化を実現しました。見積精度の向上により森林所有者からの信頼向上が期待されます。今後は、ICT 技術を使いこなせる人材の育成が課題です。



施業提案書の例

● 素材生産における数量把握の技術

目的	<ul style="list-style-type: none"> 林業事業体の素材生産量の裏付けとなる情報として、また木材サプライチェーンの最適化を目指すための在庫情報として、生産する原木の数量情報を精度高く、効率的に把握する。 林業事業体が、素材生産のコスト改善を行うための生産性（＝生産量÷作業人工数）の算出に必要な数量を、効率的に把握する。
技術概要	<ul style="list-style-type: none"> 木材検知アプリを用いて、山土場、中間土場または最終土場に集積された原木の数量を把握する。検知方法は、手検知＋音声入力、写真検知等が存在する。 ICT ハーベスタを用いて造材した原木の数量を把握する。 日報アプリで把握した作業人工数・機械稼働時間等と連携して、生産性を把握する。
考慮すべき条件	<ul style="list-style-type: none"> 機器やアプリを導入する前に、数量把握の目的を明確にする必要がある。 把握した数量データを取引情報に使用する場合は、事前に原木の需要者等と合意形成を図る必要がある。



検知作業の効率化

検知作業の効率化を目的として、スマートフォンやタブレット上で稼働する木材検知アプリの導入が始まっています。また、ICT ハーベスタで得られる造材した原木の数量情報を、検知情報として使用する実証も行われています。それぞれの検知方法と必要な作業工程は以下のとおりで、計測やデータ入力の省力化が可能です。

検知方法	入力方法	作業工程				
		計測	記帳	データ入力	データ転送	データ活用
手検知 (定規)	従来法	○	○	○ (手動)	○	○
	タップ入力	○	－	○ (タップ) 省力	○	○
	音声入力	○	－	○ (音声) 省力	○	○
画像検知	画像検知	○ 省力	－	△ (確認・修正)	○	○
ハーベスタ検知	ハーベスタ検知	○ 省力	－	△ (抽出・調整)	○	○

● **実践対策協議会【長野県】**

木材検知アプリを導入し、原木在庫情報のデジタル化による、リアルタイムの情報共有が実現。AIを活用することで、飛躍的に測定精度が向上しました。



木材検知アプリの画面

● **実践対策協議会【北海道】**

ICT ハーベスタから得られた造材情報を、取引情報として用いるための実証を行いました。従来の検知方法との違いについて、納入先との合意形成を進めています。



ハーベスタの校正作業

また、各検知方法のメリット、デメリットは以下となります。

検知方法	メリット	デメリット
手検知+ タップ入力	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 従来法のデジタル化として、現場に受け入れられやすい ▶ データ入力が効率化される 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 検知方法は変わらないため、大幅な省力化とはならない
手検知+ 音声入力	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 従来法のデジタル化として、現場に受け入れられやすい ▶ データ入力が効率化される 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 検知方法は変わらないため、大幅な省力化とはならない ▶ 土場の機械音や雨音等の雑音が発生した場合は、音声認識精度が落ちる
画像検知	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 大幅な省力化が可能 ▶ 層積計測が可能 ▶ フォワードヤトラックに積載されている原木の数量把握が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 手検知より精度が下がり、修正作業が必要 ▶ 原木の集積時に、写真を撮るための場所（離隔）が必要 ▶ 原木の集積時に、末口を揃える必要がある ▶ 基本、計測後の確認・補正が必要 ▶ アプリ内に平均径から最小径への変換ロジックが必要
ハーベスタ 検知	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 大幅な省力化が可能 ▶ 仕分を同時に行うことが可能 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 手検知より精度が下がり、修正作業が必要 ▶ 皮付き平均径の計測となり、皮無し最小径への変換が必要 ▶ ハーベスタの校正が十分で無いと精度が下がる ▶ 山土場以外で造材した場合、データをつなぐ必要がある

検知に関する機器・システム（アプリ）の導入を成功させるためには、数量把握の目的の明確化、検知の場所・タイミングや作業システムの確認が必要です。また、得られた数量データを取引情報に使用する場合は、実証を行った上で、販売先等との合意形成を図ることが重要となります。

POINT 生産性向上のための数量把握

素材生産におけるコストダウンを目指すためには、作業班ごと、現場ごとに作業計画を立て、生産性を把握・分析し、改善点を明らかにした上で、次の現場に活かすという、PDCA サイクルを廻すことが重要です。一方、生産性を把握するためには、現場ごとの人工数や機械稼働時間、生産数量を把握する必要がありますが、数量把握に労力を掛けるのは本末転倒であり、効率的なデータ収集を可能とするための日報アプリや検知アプリの導入が有効となります。

生産性（＝生産量÷作業人工数）の算定に必要な生産量の把握については、取引結果のデータを使用することが一般的ですが、月単位や現場終了時にしか入手することができないため、リアルタイムで生産性を把握し、対策を講じることが困難です。検知アプリやハーベスタ検知を用いることで、リアルタイムに近い生産量（出材数量）を把握することが可能です。

作業人工数の把握には日報管理アプリを使います。工程別に細かい数量把握を要求すると入力作業や事務管理の負担が大きくなるため、真に必要な分析内容を踏まえた上で、運用体制を事前に検討しておく必要があります。

生産性向上が現場職員の評価につながるような仕組みも検討してはいかがでしょうか。



経営者



職員

日報入力

1. 天候
2. 現場
3. 作業
4. 機械
5. 作業時間
6. 残業時間

1～6の項目を入力します
※入力必須項目



スマート作業日報（東光コンピュータ・サービス㈱）



ICT ハーベスタの活用

素材生産における伐倒や造材の工程においてハーベスタ（またはプロセッサ）が幅広く普及していますが、最近では、造材した実績データが記録・出力できるなど、情報通信技術を備えた ICT ハーベスタの開発・導入が進んでいます。

ここまで ICT ハーベスタによる検知について話題紹介してきましたが、ICT ハーベスタが有する代表的な機能を改めて以下にまとめます。

機能	内容	採用状況
造材指示	<ul style="list-style-type: none"> 事前に作成された造材計画に基づき、目標とする造材内容（径級・材長・用途等）や数量・割合等を指示する。 細り等を予測し、単木ベースでの最適な造材方法をオペレータに提案する機能（最適採材機能）を有する機種も存在する。 	一部の機種のみ
造材報告	<ul style="list-style-type: none"> 造材実績データを記録し、出力する。 樹皮率を設定し、皮無し直径を算出する。 出力されたデータは検知データとして、取引や在庫、生産性把握における数量情報として活用可能 	全ての ICT ハーベスタに搭載
	<ul style="list-style-type: none"> 造材指示機能と組み合わせることにより、造材種別ごとの生産進捗管理が可能となる。 StanforD形式では、木番号・原木番号を保有し、原木ごとにデータ識別を行う。 	一部の機種のみ
測材精度管理	<ul style="list-style-type: none"> ハーベスタの測材精度を確保するために、造材時の直径や長さの測定機構を校正する。 	全ての ICT ハーベスタに搭載
	<ul style="list-style-type: none"> 専用の測定器具（電子キャリパー）により造材された原木を実測し、自動で校正できる機種も存在する。 	一部の機種のみ
カラーマーキング	<ul style="list-style-type: none"> 原木を仕分ごとに識別可能とするために、造材時に原木の木口に色付きのスプレーを塗布する。スプレーは複数の色パターンが存在する。 	一部の機種のみ

スマート林業実践対策においては、実践対策協議会【北海道】が、ICT ハーベスタを活用する実証を行いました。（令和 2 年度～4 年度）

短幹集材（CTL）方式による作業システムにおいて、ICT ハーベスタによる検知データを製材工場との取引数量データとして使用すること、またカラーマーキング機能を用いた仕分け作業の省略を目指しました。その結果、検知データの精度は問題なく、作業工程の省略により素材生産コストの削減につながることが確認されました。一方、従来の検知作業において原木の木口に記載している径級は、製材工場における在庫管理や生産管理にも使用されているものの、ハーベスタ検知ではそれが無いため、別途、工場側でも写真検知や LiDAR 技術等を使用した、新たな受入・在庫管理の仕組みの導入も検討する必要があることが判明しました。ただし、ハーベスタ検知による数量を正として取り扱うことができれば、少なくとも受入のための別途の仕組みは必要なく、工場側が在庫管理を行うための仕組みを検討するだけで済むようになります。



➡ ICT-HVを最大限活用した新たな作業システムの構築

繼 續



8. 継続的な取組のポイント

スマート林業に関する取組を継続的なものにするためには、準備編（P.2～14）でふれてきたように、きっかけとなるコア技能者を確保し、そこから地域ごとに次なるコア技能者を順次養成していくこと、導入編（P.16～20）でふれてきたように、目的意識をもって技術導入することが必要です。また、導入する前に費用対効果を分析することや、導入後も日々の取組の成果を見える化するなど、PDCA サイクルのもとで取組の改善をしていくことが求められます。

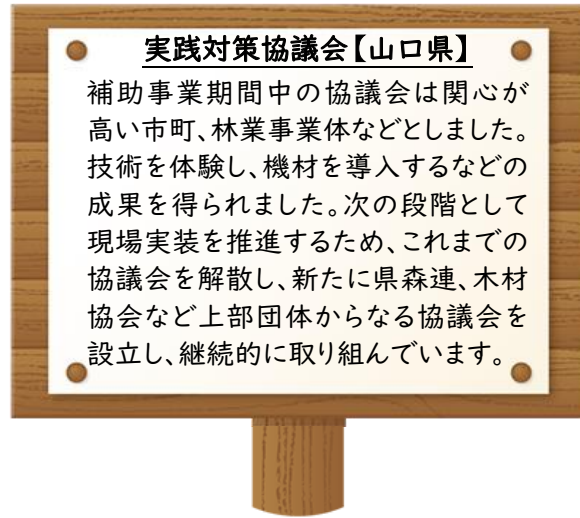
その上で、地域での取組を発展させていく上では、周囲の林業事業者・木材加工事業者などにスマート林業の効果を理解してもらい、取組に参画してもらうことが必要です。また、参画を募るにあたっては、費用負担の在り方をお示しすることや、お互いにデータを共有しあえる関係性を構築していくことも求められます。

このように、スマート林業を進めていく上では、①人材の確保、②費用負担の検討、③データの共有がキーワードになってきます。この章では、これらを地域で進め、取組を継続・発展させるうえで考えるべきポイントを紹介します。準備編でも触れてきたように、単独の林業事業者で技術を導入するだけでなく、複数の事業者、地域全体で導入することで効果が高まります。

継続的な取組のポイント	単独組織での取組
人材の確保	<ul style="list-style-type: none"> コア技能者を選定し、育成する。過剰な業務負担とならないよう通常業務とのバランスに注意する。 機器の特性を理解して正しくデータを取得できるように現場技能者を育成する。 新規就業者を増やすことも必要であり、スマート林業のカッコよさをアピールすることも効果がある。
費用負担の検討	<ul style="list-style-type: none"> 組織内での課題を整理し、目標を設定したうえで適した技術、機種を選定する。 行政の補助金等も活用しつつ、費用対効果を検討したうえで導入する。 費用対効果のみならず、安全性、軽労化などの定性的な効果も考慮して導入する。
データの共有	<ul style="list-style-type: none"> 行政から共有される航空レーザ計測等による森林情報を用いて、現地調査の簡略化や森林所有者への施業提案の効率化、立木在庫量の把握を進める。 ドローンオルソ画像や GIS データにより行政手続をペーパーレスで行う。 山土場での検知データをアプリ等により電子化することにより、効率的なトラック配車や、流通過程での検知を簡略化する。

また、継続的な取組においては PDCA サイクルを廻すことが重要です。Check の段階においては定量的な導入効果の算定が重要であると同時に、定性的な効果も考慮しましょう。生産性の向上などは短期的には定量的な効果が表れにくいいため、定量的な効果のみを目標とするとモチベーションの維持が難しいかもしれません。

協議会の構成メンバー自体も、スマート林業の地域への普及段階に応じて拡大・変更することが考えられます。初期には、先進的な地域や林業事業体をメンバーとし、成功事例を示してから参加者を増やしていくこともできるでしょう。



	地域全体（協議会等）での取組	行政による支援
	<ul style="list-style-type: none"> 地域全体で複数のコア技能者を育成することで、コア技能者同士の連携、教えあう体制を構築する。 協議会等で人材を雇用し、地域全体の支援を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 林業事業体向けの人材育成研修を実施する。コア技能者のみならず、経営者向けの研修も、経営者の理解を醸成する。 新規就業者確保のため高校生向け林業講座などの取組を行う。 行政職員の技術力向上も必要であり、内部向けの研修も実施する。
	<ul style="list-style-type: none"> 単独の事業体では稼働日数が少なく、高額な機器（資材運搬用ドローン、地上レーザなど）を共同で購入することで稼働日数を増やし、個々の事業体の費用負担を軽減する。 協議会員を増やしていくことでシステム維持に必要な個々の負担を軽減する。 	<ul style="list-style-type: none"> 協議会等の事務局運営をサポートする。 購入費用、導入初期の維持費用などに対する支援を行う。 行政が機器を購入し、林業事業体に貸し出す。
	<ul style="list-style-type: none"> 川上～川下の関係者で木材需要量や伐採計画等の共有、調整の機会を創出する。 木材検知アプリや ICT ハーベスタを活用した数量確定など新しい商取引手法について合意形成を進める。 	<ul style="list-style-type: none"> 航空レーザ計測に基づく森林資源解析結果を森林クラウド等で共有する。 各種行政手続の電子化を推進する（ドローンオルソ画像による測量成果をデータで受け付けるなど）。

9. 継続的な取組事例

実践対策に取り組んだ地域協議会のその後の取組を紹介します。



実践対策協議会【長野県】で実証した成果のうち、需給マッチングシステムについては長野県森林組合連合会が中心となり継続運用しています。

北信地域
3 森林組合

スマートフォン
木材検知アプリ
から情報を収集

長野県森林組合 在庫状況

品名	単位	計画予定量	引当品残高(立木)	備注	サイズ	クワマス	ブナマス	ヒノキ	広葉樹	その他	在庫
杉	1000	1.0%	1.0		1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	1.7	1.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
杉	1000	1.0%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

県森連 HP から閲覧可能。

実践対策協議会の運営は県が行政の立場で中心となり行ってきましたが、需給マッチングは行政より民間の範疇です。このため、補助事業期間中から、需給マッチングシステムの運用を県森連に移行させることを意識しながら下表のように取り組んできました。

人材の確保	<ul style="list-style-type: none"> ICTリテラシーの高い人材が県森連にいる。 当初から、県森連が需給マッチングシステムの開発、運営に関与していた。 システムについて経営者の理解を得るために説明を行った。
費用負担	<ul style="list-style-type: none"> 維持管理コストを意識してシステムを構築した（サーバ使用量等の維持費は年間 20 万円程度）。
データの共有	<ul style="list-style-type: none"> 森林組合と県森連は、土場の原木量を検知アプリで共有。

需給マッチングシステムの成果としては、小規模ながらも、納材精度の向上、運送トラック配車の効率化という流通における効果を短期間で得ることができました。今後、より多くの情報を集積することで大口の需要に対応することができれば、さらなる効果も期待できます。このため、今後は他地域の林業事業体の参加も増やしたい、需要者側とも情報共有したいという意向があります。

また、継続的な取組の中で、各組織において**意欲の高い人材が発掘**され、連携をとることができるようになってきました。このような人材をさらに育成し、ネットワークを構築することで地域全体での信頼関係の構築、合意形成を図ることが期待されます。

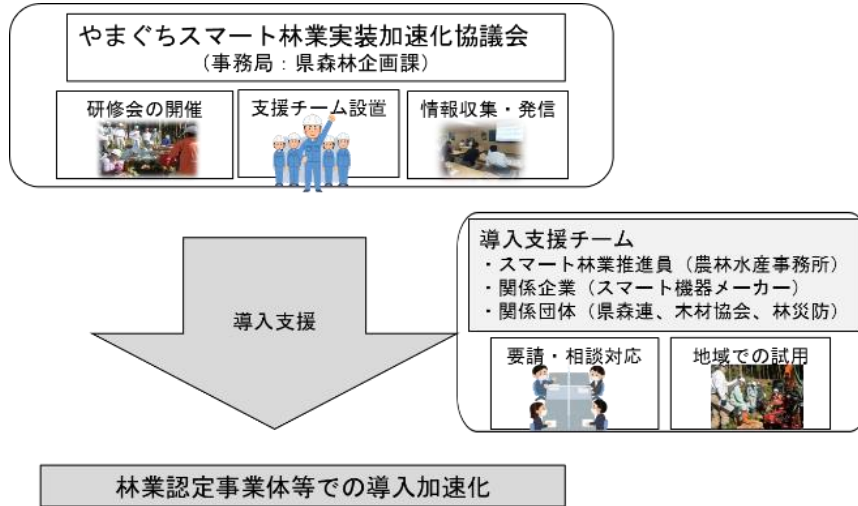


● 令和 4 年度成果報告会 ●

長野県の報告動画

POINT 山口県

山口県では、当初の実践対策協議会は解散しましたが、実証した成果等の現場実装を加速化させるために、新たに「やまぐちスマート林業実装加速化協議会」を設立しています。



協議会の構成メンバーを、林業事業者や市町村中心から学識経験者や県森連などの上部団体等に変更し、以下のように、森林組合や林業事業者への技術支援や先進事例の情報収集・発信等に取り組んでいます。

人材の確保	<ul style="list-style-type: none"> 森林デジタル人材育成研修の実施 <ul style="list-style-type: none"> 林業事業者において、航空レーザ計測や ICT 機器で取得したデータを高度利用する「コア技能者」を育成。 林業事業者の研修生と県出先機関に配置しているスマート林業推進員がペアとなって研修を受講。 やまぐちスマート林業実装チャレンジ事業の実施 <ul style="list-style-type: none"> 林業事業者に対して、先進技術・装備の試用支援や実装に向けた専門指導者の派遣、技術課題の改善提案を実施。 	<p>県：スマート林業推進員</p> <p>林業事業者</p>
費用負担	<ul style="list-style-type: none"> 現場実装を加速化させるための事業は、国庫補助金や地方創生推進交付金、森林環境譲与税などを活用。 林業事業者の技術導入については、山口県による地上レーザ計測機器 OWL 等の機材貸出や、国庫補助事業を活用した支援を実施。 	

継続的な取組の中で、コア技能者によるデジタル情報の高度利用や、林業事業者への新技術の導入が進んでいます。今後、コア技能者を増やし、新技術の普及体制を強化することで、地域全体におけるスマート技術の実装が進むことが期待されています。

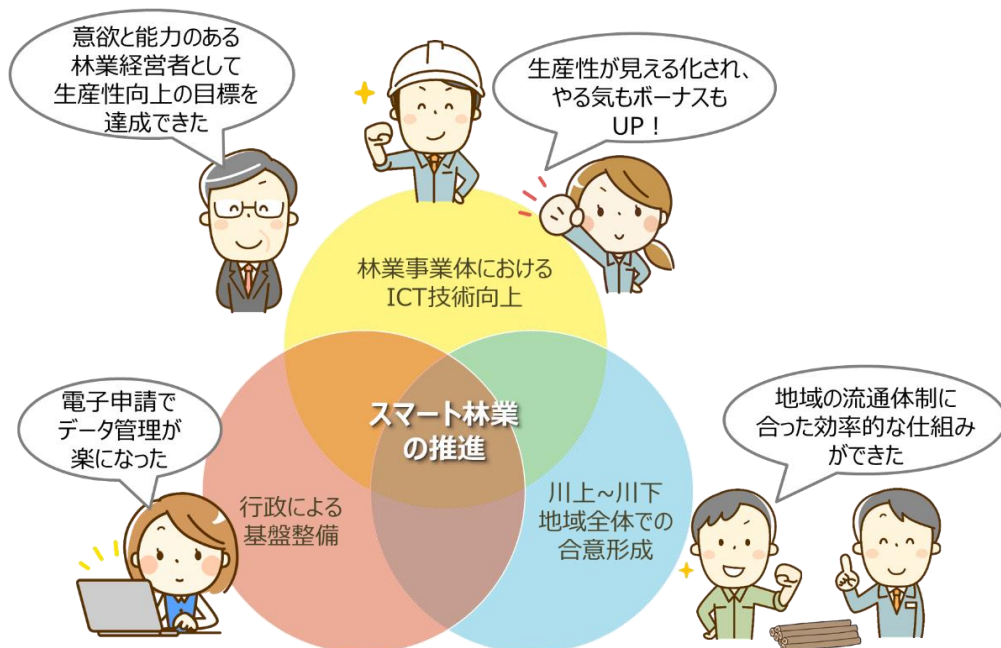
● 令和 4 年度成果報告会 ●
山口県の報告動画

10. 終わりに

スマート林業を実現する機器やソフトを購入するための補助金も措置され、導入のハードルは低くなっていますが、初期投資は決して安いものではありません。そのため、**それぞれの林業事業体がスマート技術を導入する必要性、目的を明確にし、有効活用**できるようになることが重要になります。もちろん、導入後も『準備編』で解説したように、費用対効果の検証や、さらなる活用に向けた人材育成、地域における協業に向け合意形成を継続していくことも必要です。

また、川上における技術導入にとどまらず、今後は川上側のスマート林業技術で取得したデータを行政側、川下側で活用する仕組み、いわばデジタルデータがフル活用される環境の整備も必要です。例えば、航空レーザ計測によって森林資源量を把握した後、森林計画や施業計画の段階でデータが活用されたとしても、その後の造林補助金の申請・交付事務が書類手続きとなり、デジタルデータで繋がらない、立木在庫量や出材数量がデータで示せるようになってきているものの、その情報が川中・川下に繋がらず、FAX と電話での木材取引が慣行化しているなど、どこかのタイミングでデジタルデータの繋がりが切れていることが多々あると思われます。スマート技術は、個々の事業体の業務だけではフル活用できません。**地域の関係者とコミュニケーションし、フル活用できる環境を整えていく**ことが重要です。

このように一足飛びでは業務に浸透していかないのも、スマート技術の難しいところですが、導入してからも、技術に慣れて使いこなせるようになるまでは、かえって手間が増えるように感じることもあるでしょう。しかし、ここで諦めず、どうすれば技術を山づくりや収益の確保に活かすことができるのか試行錯誤することで技術力がつき、その先に効率性を見出すことができます。実践対策協議会では、3 年間程度の取組では定量的な効果は目に見えにくいですが、参画した林業事業体の若手社長から「**スマート林業の取組を通じて林業の将来に明るい光が見えた**」という感想がありました。**導入後も継続的に検証、見直し（PDCA）を行いながら**、徐々に目標が達成されるようになると、様々な効果が実感できるようになるでしょう。





参考

スマート林業実践対策で各実践対策協議会が利用した市販の製品・サービスなどを紹介します。

分野	作業	課題や要望	製品・サービス名（販売会社等）
計画	資源量把握 境界明確化 施業集約化	林地境界の明確化を図りたい	▼高精度 GNSS：QZNEO（コア）、Spectra Geospatial SP20（ジオサーフ）、DG-PRO1RWS（ビズステーション）▼空中写真立体画像：もりつたい（日本森林技術協会）▼ドローン森林資源量解析等：ForestScope（オプティム）、AssistZ（ジッタ）、Metashape Professional（ビジョンテック）、ドローン解析委託（精密林業計測）▼地上レーザ：OWL（アドイン研究所）、3DWalker（woodinfo）、mapry（マプリイ）▼森林 GIS：森林情報活用システム（アジア航測）、森林資源情報収集・活用システム（エイム）▼森林クラウド：地域版森林クラウド（パシフィックコンサルタンツ）、森林クラウドシステム（アジア航測）▼架線系施業支援システム（アジア航測）
		容易に地形や森林資源量を把握したい	
		所有者に対する施業提案を効率化したい	▼タブレット：SPIRIT OF FORESTER（インフォフォーム）、施業提案システム（エイブルコンピュータ）
素材生産・販売	路網整備	効率的に安全な路網の計画を行いたい	▼路網設計・支援ソフト：ALANDIS NEO FOREST（アジア航測）、Forest Road Designer（住友林業）
	素材生産	最適な採材を行い搬出材の価値を高めたい	▼ICT ハーベスタ：iLogger Value Bucking（日立建機日本）、IoT ハーベスタ（コマツ）
		山土場から川中までの運材コストを下げたい	▼自動走行技術：—
		搬出材の検知を効率化したい	▼木材検収システム：スマートフォン木材検収システム（ジッタ）、Timbeter（森林環境リアライズ）、iFovea（アジア航測）、きこりくん（山秀情報システム）、ArcGIS Survey123（ESRI ジャパン）、mapry（マプリイ）
		作業者の労働状況や生産性の管理を行いたい	▼日報管理システム：日報アプリ・生産工程管理システム（woodinfo）
	素材生産現場の進捗管理を行いたい	▼ドローン測量：AssistZ（ジッタ）、Metashape Professional（ビジョンテック）	
	運材・配送需給マッチング（安定供給）	トラックの配車を自動化したい 需要に応じた供給を行いたい	▼自動配車システム：— ▼需給マッチング・SCM システム：総合森林資源管理流通システム（ジェイズ・ブラザーズ）、木材ダッシュボード（富士通エフ・アイ・ピー）、原木 SCM システム（エヌテクノ）、樹乃庫（山秀情報システム）、原木需給管理システム（アジア航測）、原木市場 WEB 入札システム（woodinfo）、原木管理クラウド ArcGIS Online（ESRI ジャパン）
造林・育林	苗木生産	苗木の生産コストを下げたい	▼育苗ハウス内のセンサー：—
	造林・育林	地拵え作業の軽労化を図りたい	▼アシストスーツ：—
		苗木運搬軽労化、獣害対策の効率化を図りたい	▼ドローン運搬：— ▼ICT わな：—
		下刈り作業の軽労化・自動化を図りたい	▼乗用下刈機：— ▼自走式下刈機：—
		検査対応のペーパーレス化・効率化を図りたい	▼データ管理・電子申請：—
安全管理	作業の安全性を向上したい	▼LPWA 通信：GEO-WAVE・GeoChat（フォレストシ—）	

令和4年度スマート林業構築普及展開事業
スマート林業実践マニュアル
総集編（準備～導入～継続）
令和5(2023)年3月
林野庁

【作成】共同企業体

（代表）一般社団法人 日本森林技術協会

〒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

〒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）

【お問合せ】林野庁計画課

〒100-8952 東京都千代田霞が関 1 - 2 - 1

TEL: 03-6744-2339

