

2. 林業の新たな技術の導入

林業の新たな技術の開発や導入状況、その成果、今後の課題について、「林業の生産性向上のための技術」、「情報通信技術 (ICT^{*6}) の活用」、「木材需要の拡大に向けた技術」及び「花粉の発生を抑える技術」に分けて具体的に記述する。

(1) 林業の生産性向上のための技術

(ア) 伐採と造林の一貫作業システム

(造林・保育に要する経費の縮減が課題)

戦後や高度経済成長期の伐採跡地に造成された人工林については、現在では、いまだ間伐等の施業が必要な育成段階のものが多くある一方、主伐が可能な10齢級以上の人工林の割合が平成24(2012)年時点で約5割を占めるまで増加している^{*7}。今後は、主伐期を迎えた人工林について、森林の公益的機能の発揮に支障が及ばないように留意しつつ、適切な主

伐を進めて原木の供給を確保していくことが重要である。そして、引き続き、育成単層林(人工林)として維持する森林については、主伐後の植栽による再造林とその後の保育作業を着実に実施する必要がある。

その一方で、50年生のスギ人工林の主伐を行った場合の収入(主伐収入)は、平成28(2016)年の山元立木価格^{*8}に基づいて試算すると、87万円/haとなっている。これに対し、スギ人工林において、50年生(10齢級)までの林業経営に掛かる経費^{*9}は、114万円/haから245万円/haとなっており、主伐収入と比較すると、相当に高い状況となっている。主伐収入については、市況にもよるものの、木材代替品や輸入材との競争の中で定められる傾向にある国産材の木材価格により左右される。このことと近年の国産材の木材価格の動向を踏まえれば、今後において、主伐収入が大幅に増加することは見込みにくい。このため、森林所有者により多くの利益

資料 I-2 「伐採と造林の一貫作業システム」の仕組み



資料：林野庁整備課作成。

*6 「Information and Communication Technology」の略。
 *7 林野庁「森林資源の現況」(平成24(2012)年3月31日現在)
 *8 林地に立っている樹木の価格で、樹木から生産される丸太の材積(利用材積)1㎡当たりの価格で示される。詳細は、第Ⅲ章(89-91ページ)を参照。
 *9 農林水産省「平成25年度林業経営統計調査報告」(平成27(2015)年7月)

を還元させ、原木供給力の増大や持続可能な林業経営の確保、再生林の着実な実施を確保していくためには、造林や保育に要する経費を縮減するための取組や新たな技術の導入を推進していくことが重要な課題となっている。

「伐採と造林の一貫作業システム」の導入による作業コストの縮減

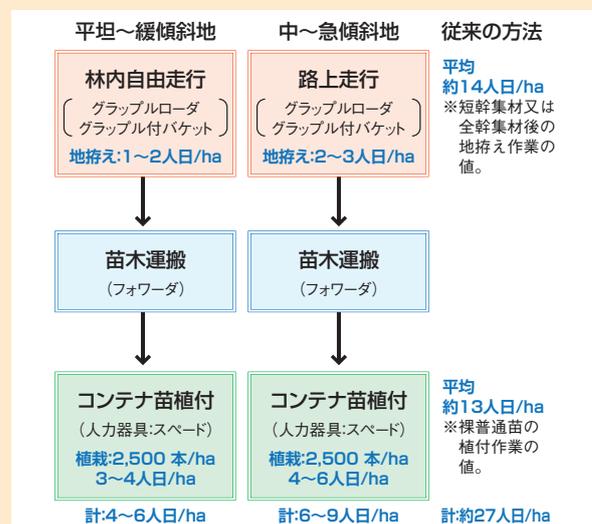
林業先進地域である欧州諸国では、ヨーロッパトウヒ等の主要樹種の主伐跡地を天然更新によって森林造成する取組が多くみられ、これによって苗木購入や植栽等の再生林に要する経費が縮減されていると考えられる^{*10}。一方、我が国は、これらの欧州諸国と比較して、温暖湿潤で草本類やササが繁茂することなどから、一部の地域を除き天然更新によってスギ、ヒノキ、カラマツ等の用材向け針葉樹の森林を造成することは困難とされている。このことから、我が国では、こうした森林を造成するためには植栽を行うことが基本であるため、植栽に要する経費を縮減できる技術の導入が必要となる。

我が国における従来の再生林では、従来の裸苗の植栽時期が春又は秋に限られていること、再生林を実施する林業事業体と伐採を実施する林業事業体が異なる場合が多いことから、伐採後、一定の期間を置いた後に地拵えを実施してきた。また、地拵えや植栽現場への苗木運搬は人力で実施することが一般的であり、多くの労力と時間を要することとなっていた。

これに対して、近年、国有林野事業をはじめとして新たに導入されつつある「伐採と造林の一貫作業システム」は、グラップル^{*11}等の伐採や搬出に使用した林業機械を用いて、伐採してすぐに伐採跡地に残された末木枝条を除去して地拵えを実施し、これらの機械で苗木を運搬した上で、植栽を行うものである(資料 I - 2)。このため、「伐採と造林の一貫作業システム」は、地拵えから植栽までの工程を省力化することとなり、全体として育林の作業コストを大きく縮減することが可能となる。例えば、国

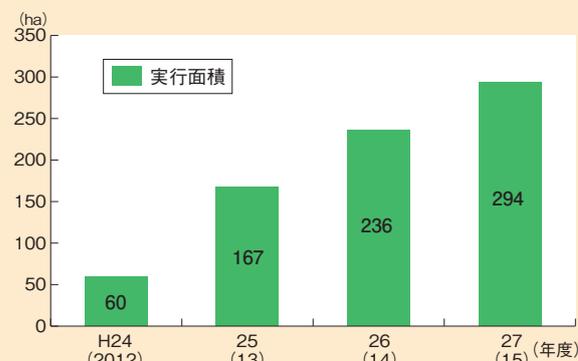
立研究開発法人森林総合研究所の研究成果によると、従来の方法による再生林では約27人日/haの労働投入量が必要となるが、「伐採と造林の一貫作業システム」を導入した場合、平坦又は緩傾斜地では4人日/haから6人日/ha、中傾斜地又は急傾斜地でも6人日/haから9人日/haまで労働投入量を縮減することが可能となる(資料 I - 3)。林野庁では、国有林のフィールドや技術力等を活用し、「伐採と造林の一貫作業システム」の有効性についての実証や普及に取り組んでいる(資料 I - 4)。

資料 I - 3 「伐採と造林の一貫作業システム」と従来の手法の労働投入量比較



資料：国立研究開発法人森林総合研究所「低コスト再生林の実用化に向けた研究成果集」

資料 I - 4 国有林野事業における「伐採と造林の一貫作業システム」の実績



資料：林野庁業務課調べ。

*10 国際連合食糧農業機関 (FAO) の「世界森林資源評価2015 (FRA2015)」の国別報告書を見てみると、例えばオーストリアでは、2000年2月から2007年9月までの期間において、人工造林によって更新した森林の面積が0.7千ha/年であったのに対し、天然更新により更新した森林の面積は3.0千ha/年となっている。

*11 木材をつかんで持ち上げ、集積する機能を備えた車両。

〔伐採と造林の一貫作業システム〕等の実証研究も進展)

国立研究開発法人森林総合研究所では、「伐採と造林の一貫作業システム」を含む低コスト造林技術の有効性について、実証研究^{*12}を実施している。

この実証研究においては、急傾斜地等で用いられる架線系作業システムの場合は、架線を利用して苗木を運搬することにより、運搬に要する労働投入量を大幅に縮減できることを明らかにした上で、傾斜等の地域の特性を踏まえつつ、具体的な林業機械の組み合わせや植栽方法を検討しながら「伐採と造林の一貫作業システム」を構築していく必要があることを示唆している。

資料 I-5 コンテナ苗と裸苗



コンテナ苗

裸苗

資料：国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター

資料 I-6 コンテナ苗の活着率の評価

| 植栽時期 | 苗木の種類 | 個体数(単位：本) | | | 活着率 (%) |
|------|-------|-----------|------|------|---------|
| | | 植栽本数 | 生残本数 | 枯死本数 | |
| 8月 | コンテナ苗 | 365 | 344 | 21 | 94.2 |
| 10月 | コンテナ苗 | 361 | 348 | 3 | 99.1 |
| 12月 | コンテナ苗 | 343 | 341 | 2 | 99.4 |
| 2月 | コンテナ苗 | 323 | 316 | 7 | 97.8 |
| 5月 | コンテナ苗 | 366 | 351 | 15 | 95.9 |

注：スギのコンテナ苗を用いた評価である。

資料：国立研究開発法人森林総合研究所「低コスト造林の実用化に向けた研究成果集」

(コンテナ苗により植栽適期を拡大)

従来の裸苗での植栽は、植栽に適した春及び秋に行うことが多い。これは、裸苗の活着が確保されるのが、これらの時期に限られているためである。その一方、主伐後の再造林の事業量が増加していく中、「伐採と造林の一貫作業システム」により効率化を図りながら年間を通じて再造林を実施していくためには、植栽適期を拡大していくための技術が必要となる。

そのような中で、根巻きを防止できる容器で育成する林業用種苗に適した「コンテナ苗^{*13}」が導入されている(資料 I-5)。このコンテナ苗は、裸苗と異なり、根鉢があることで、根が出荷時に乾燥等から保護されていることなどから、寒冷地の冬季を除き、通常の植栽適期以外でも高い活着率が見込めることが示されており、植栽適期を拡大できる可能性がある(資料 I-6)。このことから、「伐採と造林の一貫作業システム」を推進する上で、コンテナ苗の普及についても併せて取組が進められている^{*14}。

(イ)コンテナ苗の大量生産技術

(機械化や自動化によるコンテナ苗生産)

主伐とその後の再造林が増加していくことが見込

資料 I-7 コンテナ苗生産のコスト比較

| 作業工程 | 作業方法 | 生産能力 | 苗木代 |
|--------|-----------------|-----------------------------|--------|
| 播種工程 | 従来法(手作業) | 生産量：16,384粒/人日 所要日数：61日間 | 7.0円/本 |
| | 機械作業(設備費:318万円) | 生産量：81,920粒/人日 所要日数：12日間 | 3.1円/本 |
| 培地充填作業 | 従来法(手作業) | 生産量：3,080本/人日 所要日数：325日間 | 2.3円/本 |
| | 機械作業(設備費:765万円) | 生産量：18,480本/人日 所要日数：54日間 | 1.5円/本 |

注1：年間100万本の苗木生産本数を想定して計算。

2：機械設備費用は、7年定額償却として計算。

3：人件費は、7,000円/人日として計算。

4：播種作業は、512穴セルトレイに播種する作業時間を元に試算。

5：培地充填作業は、77キャビティ/トレイのコンテナを使用する条件で試算。

資料：国立研究開発法人森林総合研究所「コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開～実証研究の現場から～」(平成28(2016)年3月)

*12 国立研究開発法人森林総合研究所「コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開～実証研究の現場から～」(平成28(2016)年3月)

*13 コンテナ苗は、林野庁が開発したマルチキャビティーコンテナや宮崎県林業技術センターが開発したMスターコンテナ等を用いて生産されている。

*14 国有林野事業におけるコンテナ苗の普及についての事例については、第V章(190ページ)を参照。

まれ、また、「伐採と造林の一貫作業システム」の導入により再造林に要する経費の縮減に取り組んでいく中において、低コストでコンテナ苗を安定的かつ大量に生産できる技術を開発することが必要となる。

コンテナへの播種や培地詰めは、現時点では手作業によって実施されているが、今後においては、これらの作業の機械化や自動化によるコンテナ苗の効率的な大量生産技術を開発し導入していくことが期待されている。

国立研究開発法人森林総合研究所では、農業分野で既に普及している自動播種機や自動培地充填機を用いて、経費も含めて林業用種苗でも適用できるか実証を行っている。この実証においては、機械化等によって生産能力が約5倍に向上することなどが示唆されている(資料I-7)。こうした中、国内の林業関連会社においては、機械化されたコンテナ苗生産施設を整備するなど、その増産に向けた取組も始まっている。

(発芽率の高い充実種子の判別技術も必要)

コンテナ苗は、現在では、種子を苗畑に播種し、このうち発芽が確認されたものをコンテナに移植して育苗して生産されている。これは、林業用樹種の種子の発芽率が一般的には低いためであるが、コンテナ苗の生産コストをより縮減していくためには、種子をコンテナに直接播種し、移植に要する手間を省いていく必要がある。

直接播種を導入していくためには、発芽率の高い種子を効率的かつ確実に判別する技術が求められる。このような中で、種子に近赤外光を当てて種子内部の違いを検査することにより、健全な充実種子と発芽に必要な構造や成分を欠く不稔種子(発芽しない種子)を容易に見分ける技術が開発^{*15}されている。

(ウ)低密度での植栽と優良品種の開発

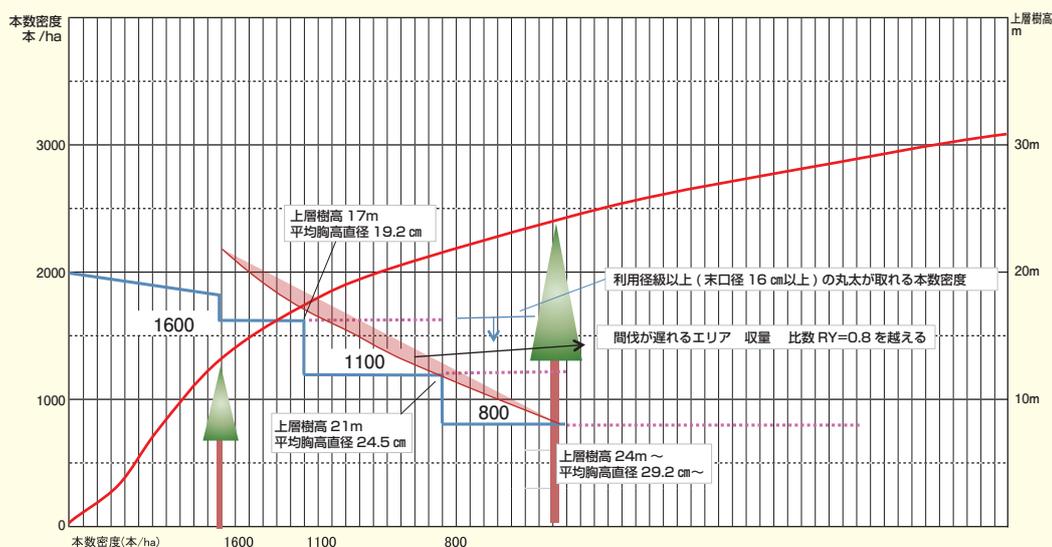
(低密度での植栽による造林コストの縮減)

我が国においては従来、植栽後15年程度で灌木との競争を抜けて植栽木の林冠が閉鎖することを前

事例 I-1 広島県における「2000本植栽 育林技術体系」の作成

広島県は、平成28(2016)年3月に「2000本植栽 育林技術体系」を取りまとめて公表した。

広島県のこれまでの「優良材生産育林技術体系」(昭和52(1977)年)は真壁工法による住宅が中心だった当時の状況を踏まえ、節のない化粧性の高い木材を生産することを内容としていたが、その後において、住宅の大壁工法が普及し、集成材、合板等の需要が増加してきたことを踏まえ「2000本植栽 育林技術体系」では、節があるなどの並材の生産を前提として、植栽密度を2000本/haとすることで再造林や保育作業のコストを低減することを意図している。



「2000本植栽 育林技術体系」に掲載されたスギ林育林技術体系図の一部

*15 この技術の詳細については、「平成27年度森林及び林業の動向」58ページの「事例II-6 コンテナ苗生産の低コスト化につながる新しい選種技術の開発」を参照。

提として、3,000本/ha前後の植栽密度で新規植栽や再造林を実施してきた。その一方で、用材向け針葉樹の天然更新が可能な自然条件を有する欧州諸国と比較すると、この植栽密度は、造林に要する経費が高くなる要因ともなっており、植付け作業や下刈り作業の省力化を図って造林に要する経費を縮減していくことが大きな課題となっている。

そのような中で、現在、造林に要する経費の縮減につながるとして、低密度での植栽が注目されている。低密度での植栽は、苗木代金や植付に要する経費の縮減が期待できるようになる一方で、下草が繁茂しやすくなることや、下枝の枯れ上がりが遅くなって完満な木材が得られなくなるおそれがあることなどの課題がある。このことから、現在、林野庁や各都道府県等においては、低密度での植栽の導入に向けた課題の検証を進めているところであり、その検証成果に基づき、森林施業の施業指針の作成など低密度での植栽についての施業体系の整備に取り組んでいる(事例I-1)。

低密度での植栽を実施した場合、従来の植栽方法よりも太陽光を巡っての植栽木同士の競合が緩和されることから、枝がより多く発生することとなり、

木材利用に適した通直で完満な木材が生産されにくくなる可能性がある。また、垂直方向への成長が鈍化しがちとなる上、下草の繁茂がより容易となることから、下刈りに要する経費がかえって増大する可能性もある。このことから、低密度での植栽等の低コスト造林を進める上で、初期成長や材質、通直性に優れた品種の開発が不可欠となってくる。

(成長等に優れた優良品種の開発)

国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センターでは、林業の生産性の向上等を目的として、優良品種の開発に取り組んできている。同センターでは、全国から選抜されたスギ、ヒノキ、カラマツ等の精英樹について、遺伝的に優れているかを明らかにする検定を実施し、特に遺伝的に優れたものを特定している。さらに優れた優良品種を開発するため、同センターでは、精英樹同士の交配により次世代(F₁)を作り、この中から優れた個体を選抜することで、従来よりも成長や形質に優れた第二世代精英樹(エリートツリー)の開発を平成24(2012)年から行っている(資料I-8)。現在は、第二世代精英樹同士を交配させ、第三世代以降の精英樹の開発に着手している。

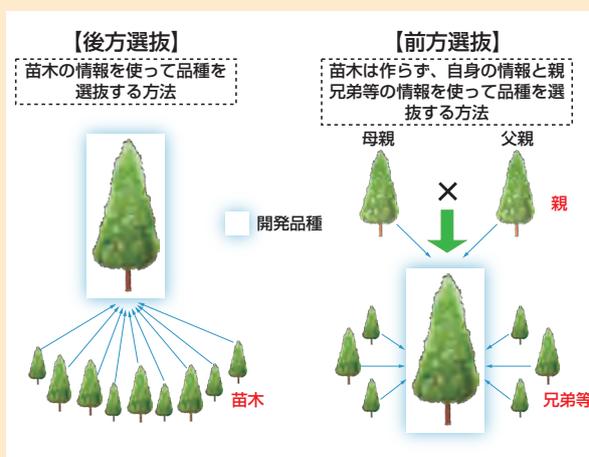
また、平成25(2013)年5月に行われた「森林の間伐等の促進に関する特別措置法^{*16}」の一部改正により、将来にわたって二酸化炭素の吸収作用の

資料I-8 特定母樹に指定されたエリートツリーの初期成長(5年生)



資料：国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター

資料I-9 林木育種における「前方選抜」のイメージ



資料：国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター

*16 「森林の間伐等の促進に関する特別措置法」(平成20年法律第32号)

強化を図るため、成長に優れた種苗の安定供給に向けて、その種子等を生産する母樹(特定母樹)の増殖に関する計画制度が新設された。平成29(2017)年3月現在、特定母樹として211種類が指定されており、そのうち175種類が第二世代精英樹から選ばれている。

(林木育種を高速化させる技術が必要)

林木の優良品種の開発は、苗木の増殖やその成長量を調査するのに一般に30年以上の長期間を要することから、需要に応じて品種を速やかに提供することが困難であった。林業の成長産業化を進めていく上で、成長等に優れた優良品種を早期に開発することが求められており、林木育種を高速化させる技術が必要となっている。

このような中、国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センターでは、「前方選抜^{*17}」を導入している(資料I-9)。この「前方選抜」は、選抜の候補となる樹木の親個体や兄弟個体等の血縁関係にある個体の成長等に関するデータを統計解析することによって、その苗木が後世代に優良な特性をどの程度与えることができるかを推定する方法であり、苗木の成長量等についての調査結果を待つ必要がないことから、品種開発に要する期間を大幅に短縮することが可能となっている。

また、同センターでは、林木のDNAレベルの遺伝子情報を収集し、どのDNA塩基配列が成長量や材質、花粉生産量等に関係しているか調査し、これを活用する「ゲノム育種」の手法の開発にも取り組んでいる。この手法が確立すれば、より短期間で要求される性質を有する品種の開発が可能

になると期待されている。

(工)早生樹種の導入に向けた技術

(強度等に優れた広葉樹資源への関心が高まる)

家具材やフローリング材は、一般に表面に傷がつきにくいよう、硬さが求められる。そのため、その原料として主に、耐摩耗性の高い広葉樹材が活用されてきた。これらの広葉樹材は、その大半が輸入材で占められているが、国外では資源量の減少や生物多様性保全への意識の高まりに伴う伐採規制等の動きがみられることから、近年、国内における広葉樹材の生産への関心が高まってきている。

その一方で、広葉樹は、一般にスギやヒノキ等と比較して単位面積当たりの成長量が小さく、末口^{*18}直径30cm以上の丸太が求められる家具材生産のためには、おおむね80年以上の育成期間を要することが課題とされている。また、針葉樹と比較して、広葉樹は幹の曲がりや枝分かれが発生しやすく、通直な用材の生産が難しいことも課題である。

(早生樹種の施業技術開発が進展)

これらの課題も踏まえ、センダンやチャンチンモドキといった短期間で成長して早期に活用が期待できる早生樹種の広葉樹による森林施業の技術開発に

資料I-10 早生樹種の施業技術研究のイメージ

【センダンの例】



一般的なセンダンの樹形

通直に伸ばすため、芽かき等を実施



14年生で、樹高17m、胸高直径30cm以上

【チャンチンモドキの例】



21年生のチャンチンモドキ

○一般的なスギの施業のイメージ



○チャンチンモドキの施業のイメージ



資料：熊本県林業研究指導所「センダンの育成方法(H27改訂版)」（平成27(2015)年9月）
大分県農林水産研究指導センター「早生樹種を用いた短伐期林業の手引き(コウヨウザン、チャンチンモドキ編)」（平成27(2015)年4月）

*17 「前方選抜」に対し、優良品種の候補となる樹木の成長後に形質等を評価して品種選抜を行う方法を「後方選抜」という。

*18 丸太の木口のうち、上方の直径が短い方のこと。

注目が集まってきている。

このうち、センダンについては、20年生程度で家具材として利用可能になるほど早期に成長し、その木材はケヤキの代替材として利用されている一方、枝分かれが激しいことから、通直な木材を生産する技術が課題となっていた。このような中、熊本県では、頂芽以外の腋芽^{えきが}を全て取り除く「芽かき」の実施によって樹形を通直にする技術を開発^{*19}している(資料 I-10)。

また、チャンチンモドキは、成長が早く10年程度で収穫が可能となるほか、萌芽更新が可能であることから、再造林に要する経費を縮減できる可能性がある。チャンチンモドキの木材は、割れが生じやすいものの、スギと同程度の強度を有し、密度も高いと考えられることから、造作材や、近年、需要が

増加している木質バイオマスとして利用できる可能性がある。このことから、大分県等では、試験植栽等を実施して施業技術の開発に取り組んでいる(資料 I-10)。

このように地域レベルでの早生樹種の施業技術の開発に向けた実証的な取組が増加してきているほか、国有林野事業においてもセンダンの試験植栽等の早生樹種の施業技術開発^{*20}が進められている。

(強度のある針葉樹早生樹種への注目も)

近年、強度のある針葉樹早生樹種として、コウヨウザン^{*21}の活用が注目されている。コウヨウザンは、成長が早い上に、萌芽更新が可能であることから、苗木の植栽を省くことによって再造林に要する経費を縮減できる可能性もある。また、国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センターが実施した

事例 I-2 情報通信技術(ICT)を活用したわな捕獲施設の開発

株式会社アイエスイー(三重県伊勢市)は、三重県農業研究所及び国立鳥羽商船高等専門学校との共同研究により、情報通信技術(ICT)を活用したシカのわな捕獲施設「まる三重ホカクン」を開発した。

このわな捕獲施設にはカメラが設置されており、わな管理者のパソコンや携帯電話(スマートフォン)にわな内部のその時点での映像が配信される仕組みとなっている。また、この画像を確認しながら専用のホームページ上で操作することで、自動でわなが作動してシカ等を捕獲できる遠隔操作システムも装備されている。さらに、これらのカメラや遠隔操作システムは、太陽光発電で作動する仕組みとしていることから、立地等の条件を問わず設置することが可能となっている。

このように、情報通信技術(ICT)の活用により、より効率的な捕獲が可能になるとともに、錯誤捕獲が生じるおそれも低減することが期待できる。



情報通信技術(ICT)を活用したわな捕獲施設

*19 熊本県林業研究指導所「センダンの育成方法(H27改訂版)」(平成27(2015)年9月)
 *20 国有林野事業におけるセンダンの試験植栽の取組については、「平成27年度森林及び林業の動向」179ページの「事例V-8早生樹の試験植栽や早生樹の産学官共催セミナーを実施」を参照。
 *21 中国大陸や台湾を原産とし、学名は、*Cunninghamia lanceolata*である。我が国では外来生物に当たるが、江戸時代より前に導入されたものであり、「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律」(平成16年法律第78号)に基づく特定外来生物や未判定外来生物には指定されていない。

コウヨウザンの木材の材質調査では、ヒノキに近い強度が示されている*22。今後は、いまだに未解明な部分も多い育種技術や育苗、萌芽更新等の造林技術の確立に取り組むことが必要となっている。

(オ)鳥獣被害対策のための新たな技術

(シカによる森林被害対策のための技術導入が必要)

近年、野生鳥獣の個体数の増加や分布域の拡大を背景に、とりわけシカによる森林被害が深刻化している。シカの食害等により、下層植生の消失や樹皮剥ぎによる立木の枯損^{こそん}が引き起こされ、生物多様性の保全や国土保全に支障をきたしている。また、食害によって立木が枯損すれば、林業の採算性が悪化し、持続的な林業経営にも影響を与えることにもなる。

このため、林野庁では、「被害の防除」と「個体数管理」等によるシカ等の鳥獣被害対策に取り組んでいる*23が、シカによる森林被害が依然として深刻な中において、効果的な鳥獣被害対策を実施するためには、新たな技術を開発、導入していくことが不可欠となっている。

(森林被害の防除のための新たな技術の導入)

守るべき森林の被害を防除するため、これまでも森林へのシカ等の侵入を防ぐ防護柵等の整備により森林被害の防除を実施してきたところであり、近年では、新たな技術が導入されている。

「被害の防除」のための新たな技術の一つとして、例えば、守るべき造林地を小さな区画に分けて防護柵を設けるパッチディフェンスが導入されている。区画を分けることにより、シカに侵入された場合でも、造林地全体へ被害が拡大する危険性を回避することができる。また、食害防止チューブ等の設置による造林木の単木保護は、一般に防護柵の設置よりも防除のための経費を要することとなるが、低密度

での植栽を実施した造林地で採用する場合にはこの経費を縮減できる可能性もある。このことを踏まえ、低密度での植栽と単木保護を用いた施業方法についての検討も進められている。

(個体数管理のための新たな技術の導入)

シカの個体数管理についても、新たな技術が導入されている。捕獲への警戒心を学習したシカをつくらないことを目的に、給餌により一時的に誘引したシカの群れ全頭を捕獲する「誘引狙撃*24」が導入されているほか、大量のシカを捕獲することを目的とした「大型囲いわな」や従来よりも軽量な資材の利用により移動運搬や人力での組み立てがより容易となる「簡易囲いわな」の開発及び導入が進められている。これらの囲いわなについては、シカの侵入センサーの設置やパソコンによる遠隔操作システム等の情報通信技術（ICT）を活用することにより、より効果的な捕獲に取り組んでいる事例もみられる（事例Ⅰ-2）。

さらに、空中に網を張り、シカ等が網の下を通ったときに網を落として捕獲する「ドロップネット」が開発されているとともに、首用くりわな*25等のくりわなの改良など個体数管理のための技術の開発が進展している。

(カ)高性能林業機械の開発

(効率的な作業システムを構築する機械の開発)

森林内の立木から丸太を生産する林業の作業のことを素材生産といい、立木の伐倒（伐木）、木寄せ*26、枝払い、玉切り（造材）、林道沿いの土場への運搬（集材）、^{はいづみ}極積*27といった複数の工程から成る。生産性を向上させるためには、効率的な作業システム*28の構築が重要であり、素材生産の各工程に応じて車両系や架線系の林業機械*29が開発されてきた。これらの林業機械を地形等作業現場の条件

- *22 国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センターホームページ「コウヨウザンのそもそもと研究の現状」（<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/iden/kaishi/2016no1.html>）
- *23 シカによる森林被害対策の全般については、第Ⅱ章(66-69ページ)を参照。
- *24 誘引狙撃には、一定レベル以上の技量を有する射手、動物の行動をコントロールするための給餌、警戒心の強い個体の出現予防等の体制を整える必要がある。
- *25 首用くりわなについては、第Ⅴ章(188ページ)も参照。
- *26 林内に点在している木材を林道端等に集める作業。
- *27 集材した丸太を同じ樹種や同じ長さごとに仕分けして積む作業。
- *28 車両系作業システムや架線系作業システムがあり、高性能林業機械を使用した作業システムの例については、第Ⅲ章(106ページ)を参照。
- *29 林業機械の状況については、第Ⅲ章(107ページ)を参照。

に応じて適切に組み合わせて配置することで、作業システム全体の生産性向上を図ることが重要である。

現在、我が国では、人工林面積の半数以上が10齢級以上となり、今後は素材生産される木材は大径化、重量化していくことが見込まれる。また、我が国は、新規造山帯である環太平洋造山帯に位置しており、人工林の多くは急傾斜で尾根筋と沢筋の入り組んだ複雑な地形に位置し、高い密度で路網を開設できない箇所も多い。このことを見据え、林野庁では民間の林業機械メーカーと連携し、急傾斜で複雑な地形でも導入が可能で、重量のある木材を集材することのできる効率的な架線系作業システムの構築に向けた林業機械を開発してきたところである(事例I-3)。これらの我が国の地形に合わせて開発された林業機械は、民間の林業機械メーカーにおいて、操作性や生産性に関する作業現場での実証が取

り組まれるなど、現場への普及に向けた取組が進展している。

また、林野庁では、傾斜地での再造林を省力化する機械等の開発も進めている。これらの開発については、林業事業体や学識経験者、国有林からの技術的助言を得ながら進めている。

(ロボット技術を活用した機械の開発も進行)

植付けや下刈り、素材生産等の林業の作業は、夏季の炎天下や急斜面といった厳しい労働環境で行われることが多いため、林業の安全性や生産性の向上を図るとともに、高齢者や若年者、女性等の多様な人材が活躍できる環境を整える必要がある。このため、現在、先端のロボット技術を活用し、丸太の品質を自動判定できるハーベスタ^{*30}や無人走行できるフォワーダ^{*31}、林業用アシストスーツ^{*32}の開発が進められている。

事例I-3 複雑な地形に対応したタワーヤーダ等の開発

林野庁は、我が国の複雑な地形に対応した中距離集材の架線系作業システムに活用できるタワーヤーダ^{注1}、自走式搬器^{注2}及びオートフックを開発した。

このタワーヤーダは、ワイヤーロープを巻き取るためのドラムを4つ備え、地形に合わせた複雑な索張りに対応しており、面的な集材が可能となっている。また、油圧ショベルをベースとした集材機に着脱式のタワーを装備することから、機械購入経費の節減が可能となっている。

自走式搬器は、小型化された高性能エンジンを搭載することによって、走行速度や木材の吊り上げ能力を改良している。

また、オートフックについては、木材に荷掛けしたロープをリモコン操作で取り外すことができる。これにより、木材の荷外し作業が迅速化し省力化が図られるとともに、重量のある木材の近くに人が近づく必要がなくなることから、安全性の向上も図ることができる。

注1：台車にワイヤーロープを巻き取るドラムと架線の支柱となるタワーを装備し、伐倒した木材を架線により吊り上げ、移動させる機能を備えた機械。トラック等の荷台に搭載して自走するものや牽引されて移動するものがある。

注2：架線の上を走行し、内蔵したウインチで木材を吊り上げて運搬する機械。



開発されたタワーヤーダ



開発された自走式搬器



開発されたオートフック

*30 立木を伐倒し、枝を除去し、長さを測定して切断し、切断した木材を集積する作業を連続して行う機能を備えた車両。

*31 木材をつかんで持ち上げ、荷台に搭載して運搬する機能を備えた車両。

*32 装着者の動きを検知し、太ももを持ち上げるような動きで歩行をサポートする機器を備えたスーツであり、造林作業等において急斜面を歩き回る際の労働負荷の低減が期待される。

(2) 情報通信技術(ICT)の活用

近年の情報通信技術(ICT)の技術革新に伴い、林業においても、森林情報の把握や林業経営の効率化に情報通信技術(ICT)を活用する取組が進んでいる。以下では、「情報通信技術(ICT)の活用」として、森林情報の整備と、林業経営や木材流通への情報通信技術(ICT)の活用に分けて、その必要性や現状を記述する。

(ア) 森林情報の整備

(森林情報の効率的で正確な把握が不可欠)

適切な森林整備を推進し、林業の成長産業化を図っていくためには、施業の集約化や路網整備を進めていく必要がある。そして、これらを進めていくための前提条件として、地域の森林における森林蓄積量、地形情報、境界情報、所有者情報等の森林情報を効率的に把握していくことが重要である。

森林情報の整備に向け、これまで森林GIS^{*33}(地理情報システム)の導入が進められてきた。森林GISは、個別に管理されていた森林基本図や森林計画図、森林簿といった森林の基本情報をデジタル処理して一元管理するシステムであり、平成21(2009)年度までに全ての都道府県における導入が完了し、平成28(2016)年度までに約半数の市町村においても導入されている。現在では、森林の区域確認に空中写真と森林GISのデータを利用することで、業務の効率化を図っているような取組も実施されている。

(森林クラウドの開発と実証)

森林GISに登載されている情報については、その内容を継続的に更新し、精度を向上させていくことが必要である。また、施業の集約化等を進めていくためには、異なる組織に所属する関係者同士が森林情報を共有できるような仕組みを構築することが必要である。これらを踏まえ、現在、クラウド技術^{*34}によって地方公共団体及び林業事業体を情報通信回線でつなぎ、森林情報を相互に共有及び利活用する仕組みである森林クラウドが開発されている(資料

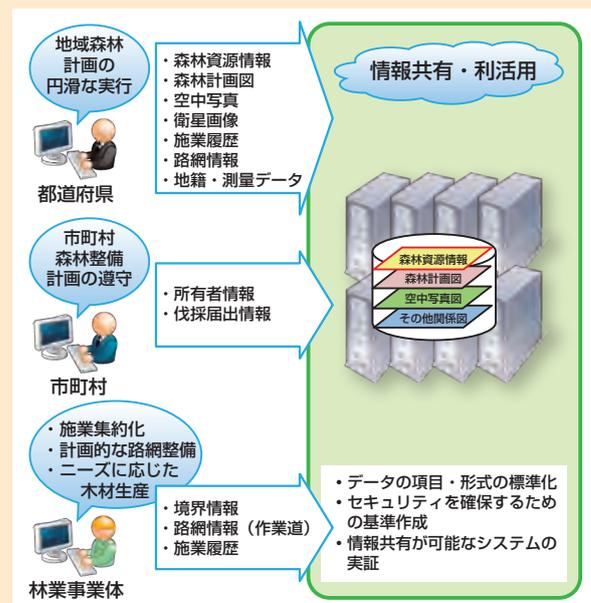
I-11)。森林クラウドの導入により、情報システムの運用に要する経費の縮減、森林資源等のデータの精度向上が見込まれ、さらに、施業集約化や原木の安定供給に取り組む林業事業者への円滑な情報提供が期待される。

その一方で、森林クラウドは、広範な関係者が利用することから、登載する森林情報を標準化することや個人情報の取扱いに留意することが不可欠である。このため、林野庁では、森林情報高度利活用技術開発事業により、データの項目・形式の標準仕様を作成するとともに、その仕様に準拠した森林クラウドを実際に構築し、地方公共団体や林業事業者と情報共有を実証することで、活用方法の検討や情報セキュリティの確保等に取り組んでいる。また、同事業では、従来の森林簿や森林計画図等のこれまで森林GISに登載されていたデータに加え、航空レーザ計測による詳細な森林資源量のデータや空中写真、衛星画像、路網計画等を登載することにより、施業の集約化のより円滑な推進に取り組んでいる。

(森林資源量の計測技術も進展)

立木材積等の森林資源量の情報は、森林整備や木

資料 I-11 森林クラウドのイメージ(森林情報高度利活用技術開発事業の概要)



資料：林野庁計画課作成。

*33 「Geographic Information System」の略。

*34 従来のように個々のパソコン等にデータやシステムを格納するのではなく、これらを一か所に集約・管理し、利用者がインターネット等を経由してデータやシステムを活用できるようにする技術のこと。

材の供給を計画的に実施していく上での基礎となるものである。しかしながら、その把握のために調査者が実際に森林内で立木の胸高直径や樹高、立木本数を毎木調査又は標本調査等により計測してきたところであり、多大な労力を要してきた。林業の成長産業化を図っていくためには、森林資源の計測に要する労力や経費の縮減が大きな課題となっている。

このような中で、近年では、地上レーザにより立木調査を省力化する技術や航空レーザによる計測技

術が導入されてきている。

前者は、林内の地上から照射したレーザの反射を解析することにより、立木の樹高や胸高直径を正確に算出することができる技術であり、これらに加えて、立木の曲がりも把握することが可能となる^{*35}。この技術により、熟練技術を有さなくても正確な情報の取得が可能になるとともに、調査に要する時間の短縮も図られてきている。

また、後者の航空レーザ計測では、急峻な地形等

事例 I-4 「3D森林情報システム」の開発と木材トレーサビリティへの活用

株式会社 woodinfo (ウッドインフォ) (東京都練馬区) は、地上からのレーザ照射技術や、これによって得られたデータを解析して林内の地形や立木の位置、胸高直径、樹高、樹幹の曲がり具合等の情報を三次元化する「3D森林情報システム」を開発した。このシステムにより、熟練技術がなくとも、少人数によって低コストで森林資源の現況を把握することが可能となった。

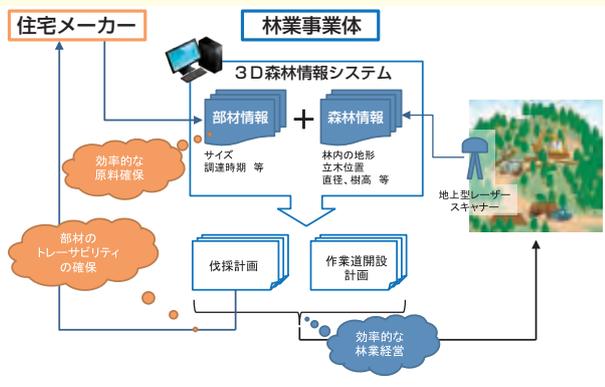
林業の現場では、「3D森林情報システム」を林業経営に活用する動きもみられる。

埼玉県秩父^{ちちぶ}地方では、このシステムを活用して木材のトレーサビリティ^{ちいぶ}を構築する取組が進展している。住宅メーカーが建築資材として必要となった木材の情報を入力する一方で、林業事業者が3D化された森林情報を参照して、必要な木材を速やかに生産できるようにするシステムとなっている。住宅メーカーにとっては、効率的な木材の確保が可能になるとともに、素材生産業者も、不要な在庫を持つ必要がなくなり、林業経営の効率化が図られている。

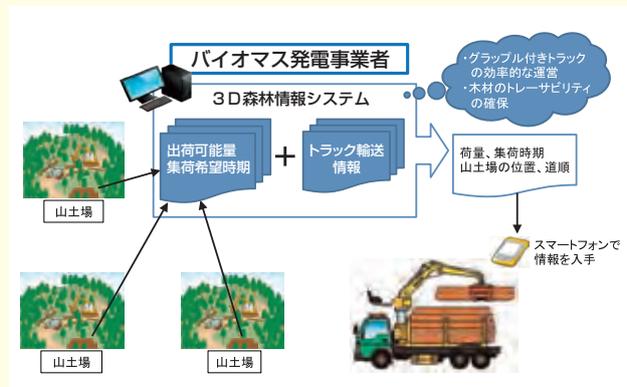
また、木質バイオマス発電事業を営む^{あさご}朝来バイオマス発電所 (兵庫県朝来市) は、このシステムを活用した木材輸送システムを開発、導入している。兵庫県森林組合連合会等と連携し、山土場^{はいつみ}に極積されている木材の数量や位置、出荷希望時期、交通情報等を入力してこれを公開している。同社は、これらの情報を参照して、木材を発電所まで配送するグラブ付トラックの配車を効率化するとともに、発電用の木材のトレーサビリティを確保できることとなった。

注：木材を含む物品について、生産から加工、製造、流通までの過程を明確にすることや、そういった仕組みのこと。再生可能エネルギーの固定価格買取制度を活用して木質バイオマス発電をしようとする場合、最も単価の高い「未利用木材」の発電単価で電力を販売するためには、木材のトレーサビリティが必要となる。

資料：木材建材ウィクリーNo. 2072 (平成28 (2016) 年7月18日)



秩父地方でのトレーサビリティのイメージ



木質バイオマスのトレーサビリティのイメージ

*35 林政ニュース第453号(平成25(2013)年1月30日)

により調査者の立入りが困難な箇所における調査や広範囲の調査が可能であり、詳細な地形の把握も可能である。

近年では、小面積の森林を機動的かつ詳細に計測するために、無人航空機(UAV^{*36})を導入する動きもみられる。

さらに、このようなレーザ計測によって得られた森林情報を活用し、路網整備や間伐等の森林整備の計画を策定したり、立木の販売を円滑化したりすることのできるシステムの開発につなげる取組も進められている(事例I-4)。このほか、平成28年熊本地震により発生した林地の亀裂や崩壊の箇所を把握するためにも、航空レーザ計測を活用した(事例I-5)。

(イ)林業経営や木材流通への情報通信技術(ICT)の活用

(林業経営への情報通信技術(ICT)の活用が進展)

林業を効率的に経営していく上で、出材することが可能な木材の数量やその品質を即時に把握したり、木材需要の変動に応じて木材の出荷量を調整したりするなどの生産管理手法の導入が必要となっている。

近年は、情報通信技術(ICT)を活用した革新的な生産管理手法の導入が進められているところであり、デジタルカメラ画像を用いて林内の土壌に^{はいづみ}極積された製材用材や合板用材を自動解析する取組や、出材する木材の数量や出荷量等について、情報通信技術(ICT)を用いて瞬時に把握する取組が進展している。

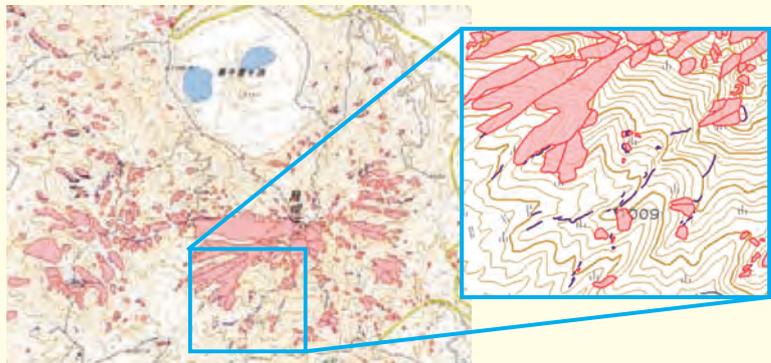
(木材流通への情報通信技術(ICT)の活用も)

木材の流通には、森林所有者から素材生産業者、木材市売市場等の木材流通業者、製材工場、合板工場、建築事業者、木質バイオマス発電事業者に至るまで広範な事業者が関わる。この結果、木材の需給に関する情報を共有することが困難となりがちであり、原木が適時適切に供給できないことにつながっている。林業の成長産業化のためには、需給情報を共有し、木材需給のマッチングの円滑化を推進することが課題となっている。このことを踏まえ、近年では、木材流通において情報通信技術(ICT)を活用しつつ、森林情報や出材が可能な原木の数量に関する情報を統合させて、効率的な木材流通を実現しようとする動きもみられる(事例I-4)。

事例I-5 平成28年熊本地震における山地災害調査での航空レーザ計測の活用

平成28(2016)年4月、熊本県を中心とした広範囲で地震が連続して発生し、複数の箇所で山腹崩壊等の被害が発生した。林野庁は、これらの崩壊箇所の現地調査を行うとともに、被災状況を迅速に把握するため、航空レーザ計測を活用し、詳細な地形変化の把握及び解析を実施した。その結果として把握された林地の亀裂や崩壊の箇所については、関係する地方公共団体等に情報提供するとともに、林野庁のホームページにおいても公表している。

このような遠隔から対象の測定や観察等を行う技術はリモートセンシングと呼ばれており、近年では、山地災害に際してこのような技術を活用した災害調査が行われるようになりつつある。立入りが困難なため現地調査がままならない地域や、二次災害が起こる危険性の高い地域等も短時間で調査することが可能であるため、今後、技術の発展とともに、幅広い利用手法が確立されることが期待されている。



林野庁による航空レーザ計測の公表結果の一例。
紫線が亀裂、赤色が崩壊の箇所を示す。

*36 「Unmanned Aerial Vehicle」の略。一般にはドローンとも呼ばれる。

(ソフトウェア開発の分野からも林業に関心)

これまで森林や林業との関わりが少なかったソフトウェア*³⁷開発の分野においても、森林資源の充実や今後の林業の成長産業化への期待も背景に、林業への関心が高まりつつある。近年においては、プログラマーやデザイナーがチームを組み、特定のテーマに対してアイデアを出し合いながら集中的にアプリケーション*³⁸やサービスを形成していき、その内容を競うイベントであるハッカソンについて、近年、林業の技術開発をテーマとして開催される機会もみられる(事例I-6)。これまでに林業の技術開発をテーマとしたハッカソンにおいて開発されたアプリケーション等については、意欲があれば誰でも使用することができるとされている。林業の技術開発をテーマとしたハッカソンの開催が、今後、新たな技術革新に貢献していくことが期待される。

(3)木材需要の拡大に向けた技術

我が国は今後、急速な高齢化と人口減少が進むと推計されており、既存の用途における木材需要の大幅な増加を見込むことが困難な情勢にある。このため、これまで国産材があまり使われてこなかった分野において、新たな木材需要を創出していく取組が必要となってきている。以下では、「非住宅分野における木材利用技術」、「国産材の利用が低位な部材の利用拡大に向けた技術」、「木質バイオマスの利用に向けた技術」に分けて、木材需要の拡大に向けた技術の開発と導入の現状について記述する。

(ア)非住宅分野における木材利用技術

(中高層建築物等への木材の利用)

我が国では、新設住宅着工戸数の約半分が木造となっている一方で、商業施設をはじめとする中高層建築物や低層の非住宅分野においては、これまで木材があまり使われてこなかった。

事例I-6 林業をテーマとしたハッカソンの開催

平成28(2016)年3月に、熊本県人吉市ひとよしにおいて、「テクノロジーを活用して林業で働く人を応援すること」をテーマとしたハッカソンが開催され、2日間の開催期間中に42名が参加した。最優秀賞には、人感センサー、温度計、湿度計、振動計、照度計等のセンサーとカメラを樹木に取り付け、得た情報をリアルタイムにSNS(ソーシャルネットワークサービス)に発信するシステムが選ばれた。このシステムでは、人感センサーに反応して樹木から音声が出る仕組みとなっており、鳥獣被害防除にも資することが期待されている。

また、同9月には、北海道札幌市において、昨年度に引き続き林業をテーマとするハッカソンが開催され、2日間で25名が参加した。参加者は、近隣の国有林において林業機械の操作等の現地見学を実施した後、アプリケーションの開発に取り組んだ。優秀賞には、伐採区域等の図面をスマートフォンに表示させ、その区域から出た場合にブザーを鳴らすアプリケーションが選ばれた。

資料：森林技術 No. 892(平成28(2016)年7月)
現代林業 平成28(2016)年8月



林業をテーマとしたハッカソン参加者による
林業現場の見学



林業をテーマとしたハッカソン参加者による
開発作業の様子

*37 コンピューターを動作させるための命令や処理等のプログラム及びこれらのための文書化された情報のこと。

*38 アプリケーションプログラムの略称で、コンピューターの使用上の業務に応じて作成したプログラムのこと。

このような中、これらの分野を対象とした新たな木材製品の開発と実用化が進められている。

(CLTの利用と普及に向けた動き)

一定の寸法に加工されたひき板(ラミナ)を繊維方向が直交するように積層接着した「CLT*39」(直交集成板)が、近年、新たな木材製品として注目されている。欧米を中心にCLTを様々な建築物の壁や床等の建物の構造部分にも活用して、木造の共同住宅、オフィスビル等の建築が進められている。我が国においても、CLTの活用を契機として、木造の中高層建築物等の建設が進むなど、新たな木材需要を創出することが期待されている。

平成26(2014)年11月には、CLTの普及に関する施策を計画的かつ総合的に進めるため、「CLTの

普及に向けたロードマップ*40」が林野庁と国土交通省の共同で公表された。このロードマップでは、平成28(2016)年度の早期を目途に基準強度や一般的な設計法の告示を整備することや、実証的建築を積み重ねて施工ノウハウの蓄積に取り組むこと、平成36(2024)年度までに年間50万㎡程度の生産体制を構築することなどを目指す成果として掲げた。

平成28(2016)年3月31日及び4月1日には、それまでの林野庁及び国土交通省の事業による実験等を通じてCLTの構造や防火に関する技術的知見が得られたことから、CLTを用いた建築物の一般的な設計法等に関する告示*41が公布・施行された。これにより、告示に基づく構造計算を行うことで、



資料 I - 12 CLTの普及に向けた新たなロードマップ～需要の一層の拡大を目指して～

| 目標 | 取組事項 | H29年度 | H30年度 | H31年度 | H32年度 | 目指す姿 |
|---------------------------|--|--|-------|------------------------|-------|--------------------|
| CLTを用いた建築物の建築意欲を高める | CLTを用いた建築物に取り組みやすい環境を整備 | 一般的な設計・施工ノウハウを蓄積するためのCLTを活用した先導的建築や実験棟、実証的建築、性能検証等への支援 | | | | CLT人気の盛り上がりと定着 |
| | 先駆性の高いCLTを用いた建築物の周知による普及・啓発活動の実施 | 先駆性の高い建築物・製品の顕彰制度の創設・実施 | | 引き続き実施 | | |
| CLTを用いた建築物の設計や施工ができる者を増やす | 設計者・施工者が木造建築物について学べる環境を整備 | 中大規模建築物の木造化に意欲的に取り組む設計者・施工者を確保するための講習会・研修会等の実施 | | | | CLTを適材適所で自在に活用 |
| | 標準的な設計・施工に係る情報の共有 | 効率的な設計を可能とするCLTを用いた建築物の情報収集・整理 | | 国の営繕基準への反映 | | |
| | 設計業務の円滑化により新規事業者の参入を加速 | 設計や積算に必要な実務資料の整理 | | 設計・積算ツールの検討・作成 | | |
| CLTを使い易くする | 中高層建築物におけるCLTの利用が容易になるよう建築部材等の開発を促進 | 耐火性能の向上に向けた技術開発・国交大臣認定の取得(2時間耐火構造床・壁の開発等)、混構造建築物の設計・施工技術の開発 | | 大臣認定仕様を普及させるための講習会等の実施 | | 中高層建築に木が使われる時代の到来 |
| | 樹種に応じた基準強度やより幅広い層構成により合理的な設計を可能にする | 追加の強度試験データを収集し、整理ができ次第、追加告示化 | | | | |
| 材料コストや建築コストを下げる | 需給動向を踏まえつつ全国的な生産体制の構築 | 地方ブロックバランスを考慮した工場整備 CLT生産能力 H28: 5万㎡/年 → H29: 6万㎡/年 → H32: 10万㎡/年 | | | | CLTの普及が先進地の欧米並みに充実 |
| | CLTの標準化による効率生産体制への移行 | 施工性・汎用性の高いパネルサイズ等の情報収集・整理 | | 標準規格の検討・作成 | | |
| | まとまった需要を確保してコストを下げ、広く民間建築物等におけるCLTの需要を創出 | [基本方針]*1にCLT活用を明記 公共建築物等への積極的な活用 ※2 | | | | |

*1 「基本方針」とは、公共建築物における木材の利用の促進に関する基本方針
*2 需要創出の加速化に向けて、平成30年度までに各都道府県に少なくとも1棟を整備しつつ、身近なモデル施設の一層の整備に取り組む。

資料：CLTの活用促進に関する関係省庁連絡会議

*39 「Cross Laminated Timber」の略。
*40 農林水産省プレスリリース「CLTの普及に向けたロードマップについて」(平成26(2014)年11月11日)(<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/mokusan/141111.html>)
*41 平成28年国土交通省告示第561号、平成28年国土交通省告示第562号、平成28年国土交通省告示第563号、平成28年国土交通省告示第564号及び平成28年国土交通省告示第611号

国土交通大臣の認定を個別に受けることなくCLTを用いた建築が可能となった。また、この告示に基づく仕様とすることによって、準耐火建築物^{*42}として建築することが可能な建築物については、燃えしろ設計により防火被覆を施すことなくCLTを用いることが可能となった。実証的建築については、林野庁支援により、平成27(2015)年度に9棟、平成28(2016)年度に22棟が竣工するとともに、平成28(2016)年度には、岡山県や宮城県、石川県、鳥取県、宮崎県、鹿児島県において、JAS認定を取得したCLT工場が稼働している。特に、岡山県では、平成28(2016)年度には、国内初となる量産工場が稼働を開始するなど、生産体制の構築に向けた取組も進みつつある。

このような中、今後はまとまった需要を確保してコストを縮減し、広く民間建築物におけるCLTの需要を創出することが重要な課題となっている。平成29(2017)年1月に「CLTの活用促進に関する関係省庁連絡会議」が作成・公表した「CLTの普及に向けた新たなロードマップ～需要の一層の拡大を目指して～」では、CLT需要の一層の拡大に向けて、関係省庁が連携・協力して取組を推進することとしている(資料I-12)。

(木質耐火部材の開発)

関係法令に基づき所要の性能を満たす木質耐火部材を用いれば、木造でも大規模な建築物等を建築することが可能である。木質耐火部材には、木材を石膏ボードで被覆したものや木材を難燃処理木材等で被覆したもの、鉄骨を木材で被覆したものがある(資料I-13)。

これらのうち所要の耐火性能を

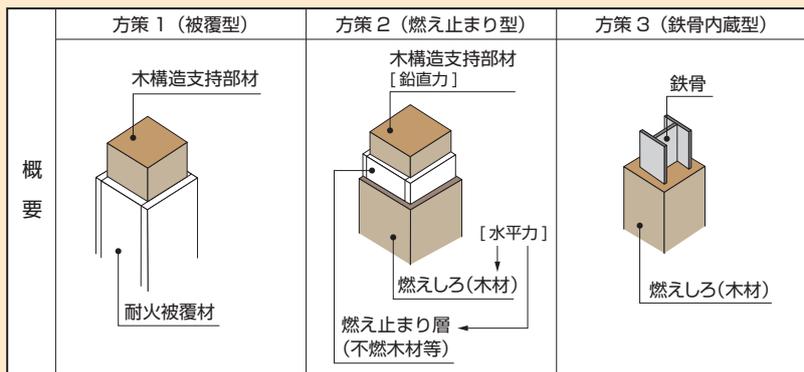
満たすものは、関係法令に基づき1時間の耐火性能を有する部材として国土交通大臣の認定を受けた場合、建築物の柱や梁等^(はり)に使うことで、最上階から数えて4階建てまでを木造とすることが可能となる。さらに、平成26(2014)年11月には、2時間の耐火性能を有する耐火集成材が開発され、耐火性能の観点からは最上階から数えて14階建てまで木造とすることが可能となっている。各地では、これらの木質耐火部材を使用した建築物の建設が進められている。

(イ)国産材の利用が低位な部材の利用拡大に向けた技術

(合板原料として国産材を利用するための技術)

合板^{*43}製造業は、かつて東南アジアからの南洋材がその原料の中心であったが、南洋材丸太の輸入減少に伴って、ロシアからの北洋材丸太の輸入が増加した。このように合板製造業は、その原料を輸入に依存してきたが、その後、ロシアが針葉樹丸太の輸出税を引き上げたこと、国内の人工林資源が充実してきたこと、原木から単板を製造するスピンドルレス式ロータリーレースの開発^{*44}により間伐材等の小径材や曲がり材を利用することが可能となったこと、同技術の開発を踏まえて、「新流通・加工

資料I-13 木質耐火構造の方式



資料：一般社団法人木を活かす建築推進協議会(2013)「ここまでできる木造建築の計画」

*42 火災による延焼を抑制するために主要構造部を準耐火構造とするなどの措置を施した建築物(「建築基準法」(昭和25年法律第201号)第2条第7号の2及び第9号の3)
 *43 木材を薄く剥いて製造した単板を3枚以上、繊維方向が直交するよう交互に接着した木材製品。
 *44 ロータリーレースとは、丸太を回転させながら桂剥きのように切削して、単板を製造する機械。かつては、原木の両端をモーターに連動したスピンドル(回転軸)で押さえて単板を製造していたが、平成5(1993)年に、原木を横と下から支えるロールを配置することで、原木からスピンドルを外しても単板の製造が可能なスピンドルレス式ロータリーレースが開発され、曲がり材や小径材から単板を製造することが可能となった。詳細については、「平成26年度森林及び林業の動向」36ページを参照。

システム^{*45}」の取組を実施したこと等により、構造用合板^{*46}への国産材の利用が平成14(2002)年頃から急速に拡大することとなった。一方、型枠^{かたわく}^{*47}用合板については、より高い強度性能や耐水性能が求められることから、現在においても、東南アジアから輸入される南洋材型枠用合板がその大半を占めている。型枠用合板の原料としての国産材の利用促進に向け、現在では、単板の構成を工夫するなど、国産材を使用した型枠用合板の性能を向上させる技術の導入が進展している。表面塗装を施した国産材を使用した型枠用合板については、現場での性能の試験が実施されており、南洋材型枠用合板と比較しても遜色のない性能を有していることが実証されている(事例 I-7)。

(建築資材として国産材を利用するための技術)

木造軸組構法による住宅建築において、構造用合板や柱材と比較して、梁や桁等の横架材は、一部の地域材利用に積極的な工務店を除き、国産材の使用割合は低位にとどまっている。横架材には高い強度や多様な寸法への対応が求められるため、ベイマツ製材やレッドウッド(欧州アカマツ)集成材等の輸入材が高い競争力を持つ状況となっている。この分野での国産材利用を促進する観点から、各地で、乾燥技術の向上や心去り^{しんき}^{*48}等による品質向上や、柱角等の製材を用いた重ね梁の開発等が進められている。

また、木造軸組構法の部材以外にも、国産材割合の低いツーバイフォー工法用部材、フロア台板用合

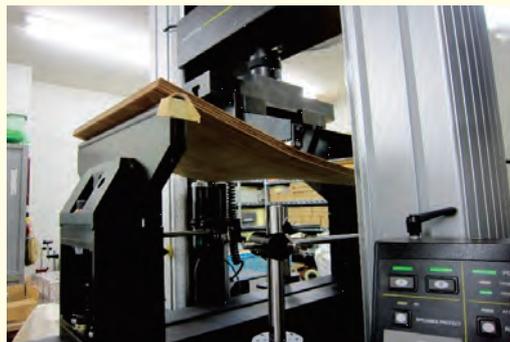
事例 I-7 地域材を原料とする型枠用合板の強度の実証

日本合板工業組合連合会は、林野庁の支援を受け、治山堰堤設置等の土木工事やマンション等の建設工事にカラマツやヒノキ等の地域材を使用した型枠用合板を用いて、その性能の実証に取り組んだ。

この結果、地域材を使用した型枠用合板は、従来の南洋材型枠用合板と比較しても、強度、耐久性、耐アルカリ性能、接着性能等について遜色のない品質や性能を有していることが実証された。

また、14階建てマンションの建設工事において、地域材を使用した型枠用合板を最上階まで転用(繰り返し使用すること)しながら打設試験を行ったところ、転用回数が増加しても、コンクリート壁面の「たわみ」や「はらみ」がおおむね1mmの範囲に収まるなど、十分な打設精度が得られた。このことから、転用回数が多いマンション等の建設工事においても、地域材を使用した型枠用合板は、南洋材型枠用合板と比較しても遜色のない性能を有することが実証された。

資料：日本合板工業組合連合会「地域材を使用したコンクリート型枠用合板の開発・普及について 事業成果普及版」(平成28(2016)年6月)



湿潤時における型枠用合板の曲げ強度試験



12回転用した国産材型枠とこれを活用した間仕切り壁

*45 平成16(2004)年度から平成18(2006)年度にかけて、曲がり材や間伐材等を使用して集成材や合板を低コストかつ大ロットで安定的に供給するために林野庁が実施した取組。国産材の利用が低位であった集成材や合板等の分野で、地域における生産組織や協議会の結成、参加事業者における林業生産用機械の導入、合板・集成材等の製造施設の整備等を推進するものであり、全国10か所モデル的な取組を実施した。その結果、曲がり材や間伐材等の利用量は、平成16(2004)年の約45万㎡から、平成18(2006)年には121万㎡まで増加した。これを契機に、合板工場における国産材利用の取組が全国的に波及したため、これまでチップ材等に用途が限られていた低質な原木が、合板用材として相応の価格で利用されるようになった。

*46 合板のうち、建築物等の構造として利用されるもの。

*47 コンクリート等の液状の材料を固化させる際に、所定の形状になるように誘導する部材。

*48 丸太の中心部である心材を除く技術。乾燥しても割れが生じにくい長所がある。

板、木製サッシ等の部材等に国産材を利用する技術の開発・普及が進められている。

木造率の低い中大規模建築の分野では、一般流通材を用いたトラス^{はり}梁^{*49}や縦ログ工法^{*50}等の開発・普及が進められている。

(ウ)木質バイオマスの利用に向けた技術

(木質バイオマスの利用の現状)

平成28(2016)年9月に閣議決定された「バイオマス活用推進基本計画」においては、バイオマスは持続的に再生可能な資源であり、バイオマスをエネルギーや製品として活用していくことは、農山漁村の活性化や地球温暖化の防止、循環型社会の形成といった課題の解決に寄与するものとされている。

木質バイオマスは、従来から、製紙、パーティクルボード^{*51}等の木質系材料やエネルギー用として利用されている。

(木質バイオマスのエネルギー利用に向けた技術の開発)

平成24(2012)年7月に再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始されたことにより、木質バイオマス発電施設の稼働が本格化するなど、木質バイオマスのエネルギー利用量は増加している。このような中、ガス化炉による小規模で高効率の発電システム、竹の燃料としての利用、熱効率の高い固形燃料の製造技術や利用技術等、木質バイオマスのエネルギー利用に向けた技術開発が行われている^{*52}。

(木質バイオマスのマテリアル利用に向けた技術の開発)

バイオマス活用推進基本計画においては、化石資源由来の既存製品等からバイオマス由来の製品等への代替を進めるため、バイオマスを汎用性のある有用な化学物質に分解・変換する技術や用途に応じてこれらの物質から高分子化合物を再合成する技術、これらの物質を原料とした具体的な製品の開発が重要とされている。

このような新たな技術の開発により、木質バイオ

マスのマテリアル(素材)利用が促進されるようになれば、林地残材等の未利用木材の高付加価値化につながることを期待される。

平成28(2016)年に閣議決定された「日本再興戦略2016」では、セルロースナノファイバー(CNF^{*53})の製品化に向けた研究開発やリグニンを用いた付加価値の高い製品の研究開発を進めることが掲げられた。

木材の組成のうち約40%から約50%を占める主要成分であるセルロースをナノ(10億分の1m)レベルまでほぐすと、軽量かつ高強度で膨張・収縮しにくいなどの特性をもつ素材であるCNFになる。このCNFについては、透明フィルムやプラスチックの補強材料、高機能フィルター等への利用が期待されている。林野庁では、スギや竹を原料とし、中山間地域に適応した小規模・低環境負荷型でCNFを製造する技術や、生産されたCNFを用いた新素材開発を支援している。農林水産省においても、CNF等の農林水産・食品産業の現場での活用に向けた研究開発を推進している。また、CNFの製品化に向けては、これを製品の素材として利用する産業分野において、高機能化・用途開発等の取組が進展している。CNFの実用化・利用拡大に向け、関係する農林水産省、林野庁、経済産業省、環境省、文部科学省が連携しつつ、施策を進めている。

リグニンは、木材の組成のうち約20%から約35%を占める主要成分の一つであり、これまでも木材パルプを製造する際に抽出されていた成分であったが、その化学構造があまりにも多様であることから工業材料として利用するには不向きであるとみなされ、「未開の原料」とも呼ばれていた。

現在、国立研究開発法人森林総合研究所等において、化学構造がある程度一定な改質リグニンの製造技術の開発や、この改質リグニンを用いたコンクリート混和剤の開発、粘土材料との組み合わせによって高い耐熱性やガス遮断性を有するハイブリッ

*49 三角形の部材を組み合わせて、外力に対する抵抗を強化した骨組み構造の梁。

*50 製材を縦に並べることによって壁を構成する工法。

*51 パーティクルボードについては、第IV章(154ページ)を参照。

*52 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会ホームページ(<https://www.jwba.or.jp/>)

*53 「Cellulose Nano Fiber」の略称。以下では、単にCNFと表記する。

ド膜の開発等の取組が進展している(事例Ⅰ-8)。

(4)花粉の発生を抑える技術

林業の新たな技術の導入については、国民からのニーズに対応する観点からも重要である。

近年では、国民の3割が罹患し^{*54}国民病とも言

われる花粉症^{*55}への対策が課題となっていることから、花粉の発生を抑える技術についての開発や導入の取組が進められている^{*56}。

これまで、スギ、ヒノキの花粉を飛散させない優良品種(花粉症対策苗木)の開発は、第一世代精英樹からの選抜が主体であったが、国立研究開発法人森

事例Ⅰ-8 スギリグニンを工業材料として利用するための技術開発の取組

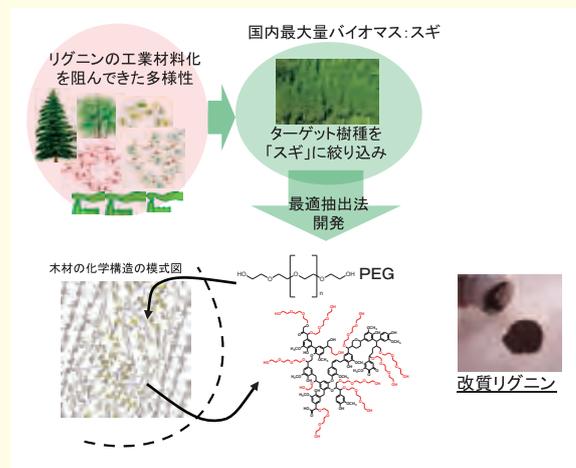
国立研究開発法人森林総合研究所は、スギの木材に含まれるリグニンとポリエチレングリコール(PGE)との組み合わせにより、化学構造がある程度一定な「改質リグニン」の製造技術を開発した。また、この「改質リグニン」を使い、リグニン系コンクリート用化学混和剤や、ナノクレイ^注等の粘土材料を組み合わせた高い耐熱性を有するハイブリッド膜等の開発を行っている。

さらに、「改質リグニン」の製造についても安全性を十分に確保できる方法を開発した。製造に必要な全ての熱源は、木質ボイラーからの蒸気だけで供給できるよう設計されているため、山村地域等の製材工場に「改質リグニン」の製造施設を併設することが可能となる。

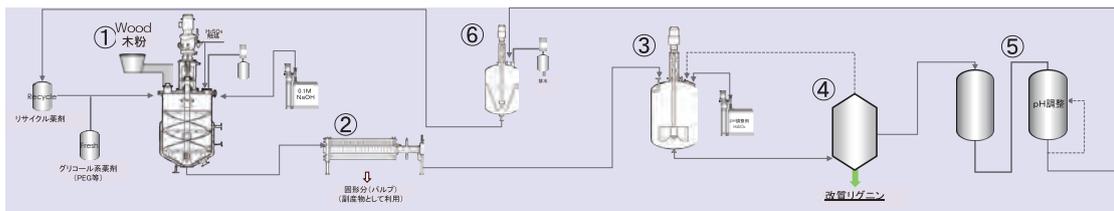
このような技術開発により、山村地域の木質資源を原料として、既存の石油化学製品と同等以上の性能を有する、より安価な代替品を製造できる可能性が広がっている。その市場規模は1,000億円を超えると見込まれており、リグニン製造業という新産業を国内の山村地域に創出することで、経済の活性化や新規雇用の創出等「地方創生」に大きく貢献することが期待される。

注：モンモリロナイト等の層状の鉱物ケイ酸ナノ粒子の総称。

資料：国立研究開発法人森林総合研究所



改質リグニン製造ベンチプラント Solvolysis-Intensive Promotion Process (SIP process)



①加溶線分解(ソルボリシス)工程

- ・1000L容量リアクター(1バッチで約40~50kgの木粉を処理)
- ・リアクター全体を連続攪拌するリボン翼を導入した攪拌機構で均一に反応
- ・常圧反応であるので、リアクターに耐圧構造を必要としない
- ・安全性の高いポリエチレングリコール(PEG)等のグリコール系薬剤を使用し、可燃性の高い有機溶剤は使用しない

②フィルタープレス工程

- ・反応混合物を希アルカリで希釈後、フィルタープレスで固形分(バルブ)を分離

③沈澱生成工程

- ・濾液はpH調整用のタンクに移動し、少量の硫酸滴下でpH2へ自動調整
- ・酸性化により改質リグニンが沈殿物として生成

④改質リグニン精製工程

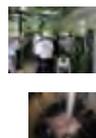
- ・凝集沈殿の促進と濾過、遠心分離等で沈殿物(改質リグニン)を分離して洗浄

⑤薬液回収タンク

- ・リグニン分離後の上清液や洗浄水は、タンクに一旦集積し、まとめてpHを調整

⑥薬液回収工程

- ・濃縮装置は、蒸発面が大きく効率よく水を飛散させるように設計されたウォールウェッター式
- ・濃縮薬剤はリアクターで再利用



*54 馬場廣太郎、中江公裕(2008)鼻アレルギーの全国疫学調査2008(1998年との比較)一耳鼻咽喉科およびその家族を対象として一、Progress in Medicine, 28(8): 145-156.

*55 花粉に対して起こるアレルギー反応で、体の免疫反応が花粉に対して過剰に作用して、くしゃみや鼻水等を引き起こす疾患であるが、その発症メカニズムについては、大気汚染や食生活等の生活習慣の変化による影響も指摘されており、十分には解明されていない。

*56 技術開発分野以外の花粉発生源対策については、第Ⅱ章(50-52ページ)を参照。

林総合研究所林木育種センターでは、第二世代精英樹からの選抜や無花粉品種と第一世代精英樹との交配等による花粉症対策品種の開発に取り組んでいる。平成29(2017)年1月には、無花粉スギ「爽春」*57と第一世代精英樹の交配から、初めて成長の良い無花粉スギ1品種を開発した。

近年では、この取組に加え、スギの雄花だけを枯死させる菌類 (*Sydowia japonica*) を活用したスギ花粉飛散防止剤の開発が進展している(資料 I - 14)。

この菌類は、スギの花粉を栄養源とし、スギの雄花以外では生育できないことが確認されている。この菌類の侵入によって、雄花は枯死して春に開花できなくなり、花粉が飛散されなくなる。この性質を利用することによって、花粉の飛散を抑制することが期待できる。これまで、この菌類の培養技術や散布用の薬剤化の技術が開発され、薬剤のスギの枝条への散布実験により雄花を枯死させる効果があることが実証されている。この薬剤がスギの生長や他の植物への顕著な影響を及ぼさないことも確認されている。今後においては、数年をかけて、飛散防止効

果の実証試験や農薬登録するための安全性の調査に取り組んでいくこととしている。

資料 I - 14 スギ花粉飛散防止剤の散布により枯死したスギの雄花



資料：国立研究開発法人森林総合研究所

*57 平成20(2008)年に雄花から花粉を飛散させない雄性不稔スギとして品種登録されたもの。