

4.4.3.5. 技術テーマに関するポテンシャル評価事例

熊本県や兵庫県の事例など、県や民間会社が主体となって、荒廃農地への植林が実施されている事例は複数存在するものの、調査の内容としては、早生樹などの採穂・植林・育林技術の確立や成長に関するものが主体であり、その吸収ポテンシャルの評価にまで及んでいる調査事例については確認されていない。

4.4.4. 木質バイオマス由来マテリアルの開発

4.4.4.1. 技術の概要

イノベーションによる新たな木質バイオマス由来の新素材開発においては、原材料に国産材を利用したプラスチック代替製品の開発が期待されている。これにより、従来の木材利用に加え新たな木材の価値が創出されるとともに、プラスチック問題の解決への貢献、林業の活性化にもつながると考えられる。

特に、日本固有のスギを原材料とした改質リグニンによる様々な用途別プラスチック代替製品の開発や、同じく国産材を原材料としたセルロースナノファイバー（以下、CNF）とコラボした樹脂複合製品といった、付加価値のある製品開発が期待されている。

■ 改質リグニン

リグニンは、木材の化学成分の約 3 割を占める細胞壁の主成分の一つであり、セルロースをつなぎ合わせる接着剤のような役割を持っている（図 4.4.5）。



図 4.4.5： スギの主成分の内訳

リグニンは、抽出が難しいためこれまで積極的な有効活用がなされていなかったが、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所により、ポリエチレングリコール（以下 PEG）を用いたリグニンの抽出と誘導体化（改質リグニン）を同時に達成する技術が開発された。

改質リグニンの熱特性をコントロールすることにより、様々な用途への供給が可能となり、高付加価値製品の開発が可能となった²⁷。

■ CNF

CNF は、木材や竹などに由来する植物繊維を解きほぐす（解繊する）ことにより得られ、直径 3～50nm、アスペクト比（繊維長／繊維幅）が 100 以上の、極細の繊維状物質である。

その特徴は解繊方法により一部異なるが、CNF 全般に共通するものとして、（1）軽い（比重 1.3～

²⁷ SIP-Lignin「地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新」SIP リグニン代表：山田竜彦

1.5g/cm³、鋼の 1/5 程度）、（2）強い（強度 3GPa²⁸、鋼の約 5 倍）、（3）比表面積が大きく（250m²/g 以上）、吸着特性が高い、（4）硬い（引張弾性率 140GPa 程度、アラミド繊維相当）、（5）熱による伸び縮みが小さい（線熱膨張係数 0.1～0.2ppm/k、ガラスの 1/50 程度）、（6）ガラス並みに熱を伝えやすい、（7）生体適合性に優れている、などが挙げられ、化石燃料由来材料の代替材料として様々な用途への活用が期待されている²⁹。

4.4.4.2. 開発・普及の動向

■ 改質リグニン

改質リグニンの実用化については、地域リグニン資源システム共同研究機構（以下 SPI リグニン）を中心に技術開発進めた結果、2017 年度までに、試験機器によるベンチプラントで製造の基本的技術が確立され、その生産コストも最終目標の 200 円/kg を達成、また、改質リグニンハイブリッド膜を利用した高付加価値製品（銅箔積層型フィルム）の製造にも成功し、電子回路基板製造プロセスの工業化に大きな前進となった。

2021 年春には茨城県日立太田市（株）リグノマテリアルに、社会実装に向けた年間生産量 100t 規模（現在は森林総合研究所の年間生産量 1t のベンチプラントのみ）の実証プラントが完成する予定であり、さらに大分県の佐伯広域森林組合なども量産プラントの建設を検討している³⁰。

今後は、実証段階への移行に向け、収益性の向上に資する副産物利用（リグニン分離後のパルプを CNF へ利用する技術）や、製品製造コスト削減の技術開発、生分解性の評価等の推進が計画されている（図 4.4.6）。

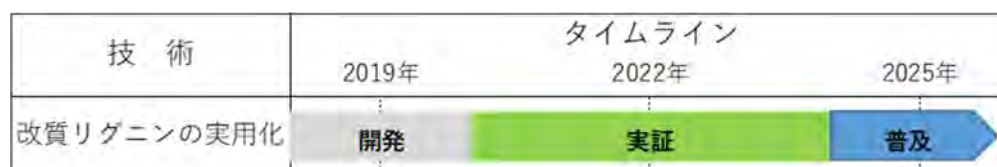


図 4.4.6： 改質リグニン開発のロードマップ

■ CNF

バイオマス資源の先進的利用の軸として CNF の製造、機能化、構造・複合化に関する研究開発や開発品を、自動車や電子機器、医療、化粧品など幅広い用途に利用する取り組みが、世界中で急速に活発化していくことが予想されている（図 4.4.7）。

その中で CNF の用途で最も期待されているのは、軽量、高強度、低熱膨張という特性を活かした自動車部材等の構造用途であり、その多くは熱可塑性樹脂を補強する強化材料としての利用である。現在、世界のプラスチック消費量は年間 3 億 t になろうとしており、この 5% を CNF で補強すると CNF だけで 1,500 万 t、10-15 兆円のマーケットになるとされている³¹。

²⁸ ギガバスカル

²⁹ 「セルロースナノファイバーを普及させるために求められること」株式会社三菱総合研究所

³⁰ 林政ニュース 2020 年 2 月 12 日より

³¹ 「木の国ニッポンの資源」矢野浩之 森林科学 2017 年 10 月



図 4.4.7： セルロースナノファイバー材料の広がり³²

現在、小規模・低環境負荷による CNF 一貫製造技術がほぼ確立しているが、今後は製造技術の仕上げとして、製造コスト削減等の検証や、製造マニュアルの作成、製品の耐久性実証等の推進が計画されている。(図 4.4.8)。製造コスト削減については、2017 年に年間生産能力 500t (日本製紙釜石工場) の量産設備が稼働し、年間 CNF 生産能力は 880t に達し、CNF 市場拡大のための生産・供給能力体制は整った。今後、機能性シートや機能性添加剤、ナノ複合材など、幅広い工業用途での利用が進むことが期待される。



図 4.4.8： 第 1 世代 CNF³³開発のロードマップ

³² 「セルロースナノファイバーとは」京都大学生存圏研究所

³³ 第 1 世代とは、現在検討されている機械解繊や 2 軸混練技術、TEMPO 酸化法等の製造法の延長線上で得られる性能やコストを有するセルロースナノファイバー。

また、今年度は CNF 研究の第一人者である、京都大学生存圏研究所の矢野浩之教授に開発・普及に関する最新情報や緩和ポテンシャルに関連した情報についてヒアリングを行い、以下の情報を得た。

- 製造効率については、木材 1kg から化学パルプを 500g 製造。機械解繊では、パルプを解すだけで 500g の CNF が製造できる。また、TEMPO 酸化触媒等での変性 CNF は、ヘミセルロースが抜けるので製造量は 400g 程度になる。
- CNF の製造コストが 4,000～10,000 円/kg 程度と幅があるのは、ナノ化の程度により製造方法が異なり、また製造方法により生産性も異なるためである。
- 2030 年ごろの普及期には、300～500 円/kg 程度になるという予測があるが、これはナノ化の程度で異なってくる。多少ナノ化した程度であれば、現在でも 200～300 円/kg 程度であり、30～50nm 以下の CNF を対象と考えると、2030 年に 5～10 万 t の生産レベルで達成できると思われる。
- CNF は製造過程における CO₂ 排出量については、セルロースの解繊ナノ化の程度により異なるので現況ではインベントリデータはない。
- CNF の製造施設も、SIP リグニンの構想と同様（地域材利用型小型プラント）に、地域に CNF 製造から製品化まで一貫した実施は可能である。
- 2050 年ごろの CNF 普及について予想は難しいが、現在から 30 年かけた技術開発、ブレークスルーを考えると、パルプを少し解繊したものから数ナノの均一 CNF まで、CO₂ 排出の少ない（カーボンニュートラル）高性能素材として幅広いラインアップがあり、鋼鉄、アルミ合金に匹敵する生産量（密度は鋼鉄の 1/5 なので重量で比較すると鋼鉄よりは少ないが）になっていると思われる。木材は、現在、人類が唯一手にし得る、生産過程で CO₂ を吸収、固定してくれる持続型材料である。それを出発点とした素材を産業基盤にしないと地球温暖化原因物質とされる大気中の二酸化炭素を、人類が持続的に生存できるレベルにまで減らすことは出来ないと考えている。

4.4.4.3. LCCO₂ 原単位の整備・更新状況

本年度も引き続き、「改質リグニン」研究の第一人者である、森林総合研究所の山田竜彦 新素材研究拠点長にも問合せを行ったが、CO₂ 原単位について、現段階で出せるデータはないとのことであった。また、CNF についても、上述の通り、現時点では CNF 普及を進める段階にあり、その製造工程により異なるため、インベントリデータはないとのことであった。

CO₂ 原単位に関わるデータの入手が困難であるため、今回も、改質リグニンと CNF に関する CO₂ 貢献度の試算は見送ることとした。

4.4.4.4. 技術テーマに関する中長期目標

改質リグニンや CNF は共に木質バイオマスを原材料に利用することにより、木材の利用促進、木材の新たな利用価値の創出による林業の活性化や、カーボンニュートラルな素材利用の普及による CO₂ 削減効果が期待される。しかし、いずれの素材も研究段階から実証段階への移行が始まったばかりで、今後の目標としては、いかに社会実装を進め、既存の競合材料からの代替を進めるかになると思われる。

■ 改質リグニン

SIP リグニン³⁴（2014 年設立）では、改質リグニン製造プロセスの開発を、2017 年度までに予定していた目標値を全て達成した（表 4.4.3）。

表 4.4.3：改質リグニン製造プロセスの目標

項目	細部項目	検討内容概要	収益達成への必要値 (最終目標値)	最終年度(2018年度)	備考
改質リグニン製造プロセス	加溶媒分解	ベンチプラントスケールでの木材分解	1バッチ 40kg以上の処理	27年度で達成済み	達成
	パルプ分離	パルプ洗浄効率の向上	パルプ中の残存PEG量10%以下	洗浄回数との相関を把握済み	達成
	改質リグニンの凝集・沈殿生成	酸沈殿法および新規凝集剤での沈殿生成	凝集剤の開発と活用で、効率化	温度制御の精密化で効率化を達成	達成
	改質リグニン分離の効率化	固液分離	濾別法の導入	濾過システムへの転換に成功	達成
	改質リグニン製造効率	各工程の効率化とマスバランスのコントロール	改質リグニン35%収率(原料ベース)の達成(リグニン由来部24.5、PEG由来部10.5)	約35%	達成
	薬液回収	混入塩の濾別のシステム化	薬液回収効率95%の達成	95%	達成
	プロセスコスト	システム全体の効率化	¥200/kg	188 円/kg	達成

平成 30(2018)年度より、戦略イノベーションプログラム（SIP）の第 2 期が始まり、SIP リグニンの活動を引き継いだ新コンソーシアム「リグニンネットワーク」が中心となり、改質リグニンを用いた高付加価値製品群の開発や、山村地域の製材工場への改質リグニン製造プラント導入など、社会実装に向けた取組が進められていくことになる¹。図 4.4.9 に改質リグニン産業化のロードマップを示す。



図 4.4.9：改質リグニン産業化ロードマップ

³⁴ 地域リグニン資源システム共同研究機関 代表：山田竜彦 SIP 第 2 期開始の平成 30（2018）年より地域リグニン資源開発ネットワーク（リグニン NW）が活動を引き継ぐ。

■ CNF

CNF の年間生産能力が 2017 年に 880t に達し、CNF 市場拡大のネックの一つであった生産・供給能力の限界はひとまず解消された³⁵。今後は、第 1 世代 CNF の社会実装化へ向け、CNF 利用技術の開発と、CNF 市場拡大が進められていくことになる。図 4.4.10 に経済産業省が出している、CNF の実用化に向けたロードマップを示す。



図 4.4.10： CNF の実用化に向けたロードマップ

2030 年には国内構造用プラスチック（生産量：800 万 t）の 20%を CNF に置き換え、プラスチック成形品の強度を保ちながら平均で重量を 20%低減（薄肉化）。さらに、バイオプラスチックを添加し全構造用プラスチックの植物度を 50%にするといった構想もある³⁶。

4.4.4.5. 技術テーマに関するポテンシャル評価事例

直接 CNF の利用によるポテンシャル評価の例は見当たらず、CNF を添加材として利用することによる、軽量化による CO₂ 削減効果についての評価事例などがある。環境省では、CO₂ 削減ポテンシャルの大きい自動車について、京都大学を代表機関とした産学官関で構成されたコンソーシアムを設立し、平成 28（2016）年度から「NCV（ナノセルロース自動車）プロジェクト」を立ち上げ、CNF の自動車への実装を目指した評価事業を実施している。当該プロジェクトでは、自動車部品の軽量化による燃費向上でもたらされる CO₂ 排出削減効果が評価されている。

4.4.4.6. 緩和ポテンシャルの試算

CNF の CO₂ 原単位に関わるデータが入手できないので、今回は、CNF 製造量の増加に伴う原材料の木材需要量についてみてみた。

CNF の生産量は 2017 年で 880t、2030 年における生産規模予測は、経済産業省のロードマップでは 150,000～225,000t/年となっている。一方、CNF の出荷量を見てみると、2017 年 20t、2020 年予測 400t、2030 年予測で 50,000tとするコンサルティングもある³⁷。

³⁵ セルロースナノファイバー市場動向に関する調査を実施（2017 年）（株）矢野経済研究所

³⁶ CNF とは（京都プロセス品の展開）京都大学生存圏研究所 矢野浩之

³⁷ 国内 CNF 市場規模予測 矢野経済研究所 2018 年 8 月

CNF 生産量 880t の場合に使用する木材量

- CNF の元となる化学パルプは、木材 1kg から 500g が製造される。機械解繊では、パルプを解すだけなので 500g の CNF が製造できる。また、TEMPO 酸化触媒等での変性 CNF は、ヘミセルロースが抜けるので製造量は 400g 程度になる。
- 880t の CNF を製造するには、機械解繊の場合、木材は 1,760t が必要となる。
- 原料に資源量の多いスギを利用した場合、スギの比重を 0.38 とすると 1 m³ 当たり 380kg となり、約 4,650m³ のスギ材が利用される。

CNF 生産量 50,000 トン→木材 100,000t 263,000 m³

100,000 トン→木材 200,000t 526,000 m³

200,000 トン→木材 400,000t 1,053,000 m³

225,000 トン→木材 450,000t 1,184,000 m³

の木材が必要と予測される。

次に、CNF 生産量の全量を製品として使用したと仮定した場合、どの程度の CO₂ が CNF に固定されるか試算してみる。

CNF は原料ベースの製造効率が 50%程度なので、木材使用量の約半分が CO₂ の固定対象と考えられることから、CNF880t を生産するためには 1,760t の木材を要するが、CO₂ 固定の対象となるのは、880t 分の木材となり、これを CO₂ 固定量に換算すると、

CO₂ 固定量 = 880 (t) × 0.5 (炭素含有率) × 44/12 (CO₂ への変換) = 1,613 (t-CO₂) となる。

CNF 50,000t→ 91,600 (t-CO₂)

200,000t→366,000 (t-CO₂)

225,000t→413,000 (t-CO₂)

ただし、これには、CNF 製造過程で排出される CO₂ は含まれていない。また、木材の部位による炭素蓄積量は一定としている。

4.4.5. 建築分野の木材利用拡大

4.4.5.1. 技術の概要

建築分野への木材利用は、近年の国際的枠組みや日本における政策の後押しにより、拡大傾向にある。2018 年 12 月に開催された国連気候変動枠組条約（UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change）第 24 回締約国会合（COP24）においては、鉄やコンクリートに替えて木材を利用した場合、世界的な CO₂ 排出量は最大 31%削減される可能性があり、地球温暖化防止に寄与するというメッセージが発信された³⁸。

わが国における木材の利用は、大半が製紙・建築向けとなっており³⁹、建築分野では主に 3 階以下の低層住宅に利用されてきた。国内住宅市場は 1996 年度をピークに 2018 年度まで減少傾向が続いており⁴⁰、新規住宅着工による今後の木材需要の増加は見込めない状況にある。一方で、これまで、強度や耐熱性、耐火性等の面から木材利用が制限されてきた 4 階以上の高層住宅や公共建築物等においては、機能強化された木材を利用することで木材利用量の大幅な増加を見込める可能性があり、今後の木材利用促進の方策として一層の期待が高まっている⁴¹。2010 年には「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が制定され、中高層建築物や非住宅建築物において利用可能な新たな木材製品・技術の開発と普及が進展しており、高層建築物等の木造化が本格化しつつある。本節では、これらの技術に関する取り組みを概観する。

【我が国の政策・方針】

■ 【公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律（2010 年）】

2010 年時点では、建築物全体に占める木造率は 43.2%であった。しかしながら、その中に占める公共建築物の割合は 8.3%と極めて低い数値であった。また当時、3 階以下の住宅の 80%が木造である一方で、4 階以上の中高層建築はほぼ非木造であった。それらの背景を踏まえて、同法においては耐火構造であることを求められていない 3 階以下の公共建築物を対象として、原則すべて木造化を図ることを目標とした。さらに、4 階以上の中高層の建築物や面積規模の大きい建築物においては、求められる強度や耐火性等の性能を満たすための構造計画やコストの面で構造化が困難であるという理由から、更なる技術的な知見の蓄積が求められた⁴²。

目標のための施策として、地方自治体や民間事業者からの取り組みを推進した結果、2017 年においては公共建築物の木造化率は 11.7%（2010 年から 3.4%増加）となり、低層（3 階以下）の木造率は

³⁸ 大沼清仁，大川幸樹「地球温暖化防止における木材利用、建築分野の重要性の認識の拡大」『住宅と木材』第 490 号，2019 年 4 月，2-5p

³⁹ 株式会社三井住友銀行「木材産業・林業の動向」2018 年 10 月，（最終閲覧日：2020 年 2 月 20 日）
https://www.smbc.co.jp/hojin/report/investigationlecture/resources/pdf/3_00_CRSDReport074.pdf

⁴⁰ 住宅金融支援機構「平成 30 年度における住宅市場動向について」2018 年 4 月，（最終閲覧日：2020 年 2 月 20 日）
<https://www.jhf.go.jp/files/400346088.pdf>

⁴¹ 林野庁「第四章 木材産業と木材利用」『平成 30 年度 森林・林業白書』，2020 年 6 月，196-200p，
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo/attach/pdf/zenbun-5.pdf>

⁴² 林野庁「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律-基本方針（平成 29（2017）年 6 月 16 日変更）」，
（最終閲覧日：2020 年 2 月 21 日）<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/koukyou/attach/pdf/index-73.pdf>

17.9%から 27.2%に増加した⁴³。このように低層の公共建築物の木造化が進む一方で、中高層の公共建築物の木造化に関する数値目標や現状の進捗数字といった情報はなく、今後各市町村・自治体において取り組まれることが期待される。

【研究分野の取り組み】

■ 【非住宅・中大規模分野における木造建築の普及促進検討委員会（2018 年）】

公共建築物に限らず、中高層の建築物における木造率は、建築物全体として極めて低い。2017 年度の建築着工統計によると、新築建築物の全国における木造化の状況において、住宅での 4 階～5 階の木造率は 0.1%であり、6 階以上は 0.01%であった。また非住宅での 4～5 階の木造率も 0.1%であり、6 階以上の木造率は 0%であった。着工自体は少ないものの、中高層の建築物に係る構造、防耐火等に関する技術開発や木材の特性を生かした取り組みは進められており、これらの技術的知見を広く普及するために、2018 年に「非住宅・中大規模分野における木造建築の普及促進検討委員会」が発足した。当検討委員会は、中高層の建築に係る木質部材供給・設計・施工に詳しい学識経験者、民間企業、関係機関、団体によって構成されている。また、実際に中高層の建築に係るプロジェクトに携わった設計者等からヒアリング等を行い、構法、用途、規模と使用木材種、防耐火要件等を複合的に検討し、総合的な企画・構想・設計・監理プロセスを整理した成果として「非住宅・中規模分野における木造建築の普及促進事業 報告書⁴⁴」をまとめている。

上記一部報告書からは、中高層建築における木材利用のための下記ハードルについての対策方法を確認することができる。

（１）中高層建築における設計のハードル

- ① コスト高（木造は鉄骨造や鉄筋コンクリート造に比べて割高）
- ② 防耐火の法規制への対応が困難
- ③ 木造設計の技術者が少ない
- ④ 品質管理された国産材（JAS 材）の調達が困難
- ⑤ 非住宅用の標準設計ツールが整備されていないため、規模の割に手間が多い

（２）各ハードルに対する対応策

- ① 低コストな工法の提案
- ② 手間を省略する在来工法の応用の提案
- ③ 防耐火法規制をクリアするための構造の提案
- ④ 設計者向けの各種講習会の開催
- ⑤ 標準設計ツールの公開

当委員会では、低コストであり、手間を省略する在来工法の応用や防耐火法規制をクリアするための構造の提案、設計者向けの各種講習会の開催や非住宅用の標準設計ツールの公開等を行っている。

⁴³ 林野庁プレスリリース「平成 29 年度の公共建築物の木造率について」, 2019 年 3 月 14 日更新, (最終閲覧日: 2020 年 2 月 21 日) <https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/190314.html>

⁴⁴ 公益財団法人日本住宅・木材技術センター「非住宅・中大規模分野における木造建築の普及促進事業報告書」2019 年 3 月, (最終閲覧日: 2020 年 2 月 24 日) <https://www.howtec.or.jp/files/libs/2678/201905101551252418.pdf>

検討委員会で議論されている対応策は、既に中高層建築における木造化を多数実現させてきた事例から裏付けされている。特に懸念事項の核である防火設計に関しては、「120 の中・大規模木造建築物 Map 2018」として 120 件の工夫の見られる好事例を紹介することで今後の参考となり得る素材を提供している。これらの取り組みが普及することにより、中高層建築の木造化に対するハードルが緩和されていくものと思われる。

【民間の取り組み】

民間企業が、建築分野における木材利用をどのように行っていくのか、また大手民間企業各社がどのように取り組んできたのかについて、林野庁が「はじめよう！ 中大規模木造（2018 年）」で紹介している。

現在予定されている最大の木造建築物は、住友林業株式会社が 2041 年を目標に計画している「W350 計画」⁴⁵である。W350 計画の構想では、高さ 350m、地上 70 階、木材使用料は 185,000m³に及び、また CO₂ の固定量は約 10 万 t と試算している⁴⁶。このような取組により、近い将来超高層木造建築物が増加する可能性も高まっている。

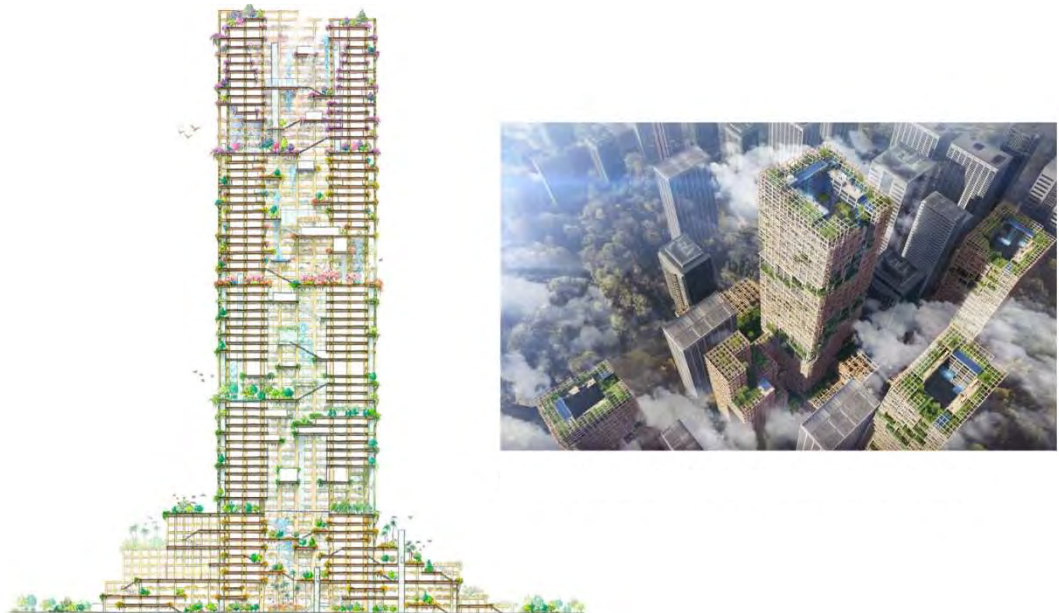


写真-1 W350 計画（住友林業株式会社）

4.4.5.2. 開発・普及の動向

建築分野における木材利用は、低層（3 階以下）の住宅での利用が主であったものの、中高層建築物や非住宅建築物において利用可能な新たな木材製品・技術の開発と普及が進展してきた。本節では、中高層建築において重要な技術である CLT と木材耐火部材について整理する。

⁴⁵ 住友林業による、2041 年を目標に、高さ 350m の木造超高層建築物を実現する研究技術開発構想。

⁴⁶ 住友林業株式会社ニュースリリース「街を森にかえる環境木化都市の実現へ 木造超高層建築の開発構想 W350 計画始」2018 年 2 月 8 日更新，（最終閲覧日：2020 年 2 月 21 日）<https://sfc.jp/information/news/2018/2018-02-08.html>

【CLT（Cross Laminated Timber：直交集成板）】

CLT は、ひき板を繊維方向が直交するよう積層接着した木質系材料であり、一般的な集成材に比べ、より強度が安定し変形し難く、高い断熱性や耐震性・遮音性・耐火性を持つのが特徴である。1990 年代の中頃からオーストリアを中心として発展し、現在ではオーストリアだけでなくヨーロッパ各国、カナダやアメリカでも活用事例が急速に伸びている。現時点での CLT を利用した最高層木造建築は、ノルウェーのオスロにある 18 階建て（高さ 85.4m）の Mjøstårnet Tower であり、2019 年 3 月に完成した⁴⁷。一方、日本における CLT 利用の最高層木造建築は、2022 年に竣工予定の株式会社大林組による地上 11 階、地下 1 階の（仮称）OY プロジェクト計画であり、日本初の構造部材（柱・梁・床・壁）すべてを木材とした高層純木造耐火建築物の誕生となる⁴⁸。林野庁等は、2019 年 10 月 1 日に「CLT 活用促進に関する関係省庁連絡会議（第 9 回）」を開催し、CLT の活用状況および今後の活用目標を明らかにした。資料によると、2019 年度は全都道府県で 116 件の実績予定であり、累計 416 件を見込んでいる。

【3 時間耐火部材】

日本で建てられる木造建築物は、16m 以上は耐火建築物として設計を行わなければならない⁴⁹。一般的に、木造建築物は火災や震災に弱いというイメージがあるが、近年は耐火性能が高い木材製品の開発が進み、一定の耐火性能を満たせば大規模な建築物への応用も可能となった。

2017 年 12 月、株式会社シェルターが日本初の 3 時間耐火の国土交通大臣認定を取得したことで、耐火性能を適用する階数の制限がなくなり、今まで鉄骨造や鉄筋コンクリート造でしか建てられなかった 15 階建て以上の超高層ビルに木造を取り入れることが可能となった。認定を受けたのは、柱と梁（3 面）の 2 件である。この技術を応用し、株式会社大林組は前述の（仮称）OY プロジェクト計画において日本初の 3 時間耐火部材を 1 階柱部分に採用した。この 3 時間耐火部材の実用化が進むことによって、今後 15 階建て以上の木造高層ビルが増えていくものと思われる。

4.4.5.3. LCCO₂原単位の整備・更新状況

建築分野における排出削減効果は、木材自体が貯留する炭素貯留効果、建築資材を鉄骨や鉄筋コンクリートから木材に代替したことによる材料代替効果、さらに建築資材の廃棄時に発生する廃材等を二次利用して燃料に利用し、化石エネルギーを代替する燃料代替効果の 3 つが挙げられる。

林野庁が 2016 年 3 月に発表した「平成 27 年度 木材利用推進・省エネ省 CO₂ 実証業務報告書」によると、木造建築物におけるライフサイクルとは、資材製造・建設・運用・改修・廃棄の過程をすべて含んだものであり、報告書においては建築物の寿命を 60 年と設定して LCCO₂ の原単位が算出されている。

⁴⁷ Moelven Limtre AS「Mjøstårnet」（最終閲覧日：2020 年 2 月 21 日）<https://www.moelven.com/mjostarnet/>

⁴⁸ 株式会社大林組プレスリリース「日本初の高層純木造耐火建築物の建設に着手」2019 年 7 月 23 日更新（最終閲覧日：2020 年 2 月 21 日）https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190723_1.html

⁴⁹ 2019 年 6 月に改正建築基準法が施行され、以前は高さ 13m 超または軒高 9m 超の条件に該当する場合、耐火建築物として設計する必要があったが、現在は「高さ 16m 超さらに軒高制限なし」が適用されるようになった。そのため、高さ 16m 以下であれば耐火設計を行う必要がなく、中高層木造建築物設計の自由度が拡大された。

その結果をまとめると以下ようになる。

- 資材製造時：木造（多用） $5.13 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{m}^2$ 、木造（一般）⁵⁰ $5.27 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{m}^2$
（RC 造は木造に比べて 118%増加、S 造は 88%増加）
- 建設時⁵¹：木造（多用） $2.5 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ 、木造（一般） $2.5 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$
（RC 造は $6.0 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ 、S 造は $3.9 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ ）
- 運用時：空調負荷 $1,850 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{戸}$ 、照明・家電・その他 $2,178 \text{ kg-CO}_2$ 、給油 751 kg-CO_2
- 改修時：木造（多用） $2.82 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ 、木造（一般） $2.97 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$
（RC 造は $2.59 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ 、S 造は $2.99 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ ）
- 廃棄時：木造（多用） $0.147 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{m}^2$ 、木造（一般） $0.13 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{m}^2$
（RC 造は $0.37 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{m}^2$ 、S 造は $0.31 \text{ kg-CO}_2/\text{年}\cdot\text{m}^2$ ）

上記の検討で得られた各工程（資材製造時、建設時、運用時、改修時、廃棄時）の CO_2 の排出量を積み上げることにより、 LCCO_2 の全体構造をまとめた結果が図 4.4.11 となる。RC 造の CO_2 排出量が最も高く、木造（一般）と比べると 12.8%増加していることが明らかになった。木造（多用）が中高層建築物と設定されているわけではないが、木材の使用量が多い建築物ほど LCCO_2 数値も低いことが明らかであり、中高層建築物の木造化を進めることにより環境負荷も低くなっていくと示唆される。

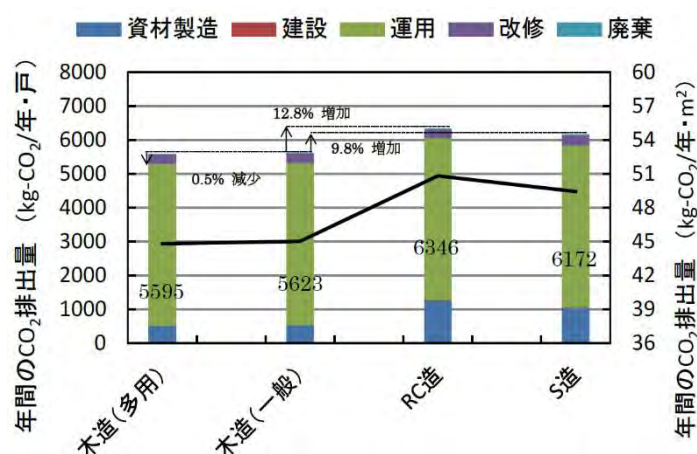


図 4.4.11： 木造（多用）、木造（一般）、RC 造、S 造における LCCO_2 ⁵²

4.4.5.4. 技術テーマに関する中長期目標

「森林・林業基本計画」（平成 28（2016）年 5 月）においては、令和 7（2025）年における国産材と輸入材を合わせた木材の総需要量を 7,900 万 m^3 と見通した上で、国産材の供給量および利用量の目標を 4,000 万 m^3 としている。パルプ・チップ用材に次いで需要の大きい製材用材は、2,800 万 m^3 と見込

⁵⁰ 木材使用量を 34.2 m^3 のものを木造（多用）、21.7 m^3 のものを木造（一般）と設定

⁵¹ 延べ床面積 125.86 m^2

⁵² 林野庁「平成 27 年度 木材利用推進・省エネ省 CO_2 実証業務報告書」（2016）

んでおり、これまでの傾向からその約 8 割が建築用に割り当てられる⁵³と想定される。しかしながら、近年の建築着工数の減少傾向等に鑑みると、建築用の木材需要量の想定は困難であり、中長期目標として数値を提示している資料が存在しない。

木造建築物単体ではないが、木造建築物と木製家具の CO₂ 削減量の視点から、2050 年までのシナリオについて恒次ら（2009）⁵⁴は以下のように発表している。毎年作られる建築物や家具のうち、木造・木製が 35%を占めている状況が続く現状シナリオと、2050 年までに木造・木製率が 70%に達する振興シナリオを比較した（図 4.4.12）。現状シナリオの場合は、2050 年に向けて建築着工数減少の影響を受けて 2016 年に炭素貯蓄量がマイナスになるという結果を示した。一方で、振興シナリオでは炭素蓄積効果によって約 100 万炭素トン、非木造建築の代わりに木造建築を建てる材料代替効果で約 200 万炭素トン、廃棄する木材の二次利用による燃料代替効果で約 250 万炭素トンの合計約 550 万炭素トン～600 万炭素トンの削減が得られると試算した。そのため、2050 年は後者を目標とすることが望ましいと考えられる。

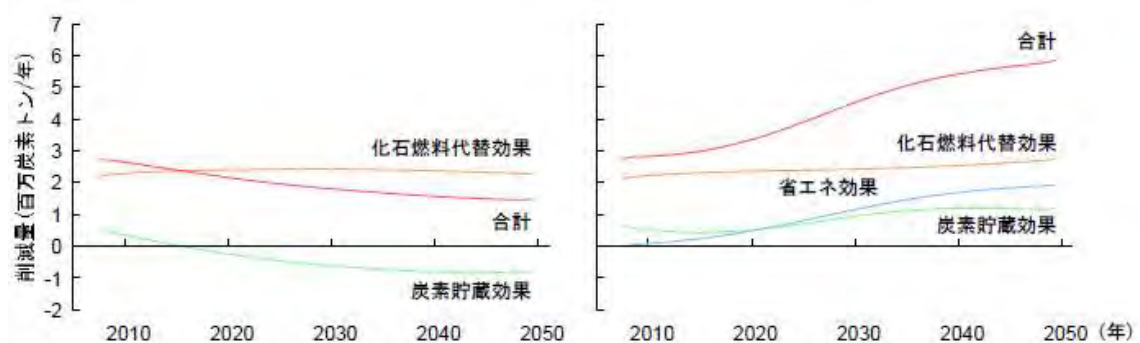


図 4.4.12： 2050 年までの木材利用による CO₂ 削減効果（炭素換算）

左図：現状シナリオ：木造建築物、木製家具の生産量が全体生産量の 35%のまま推移する場合

右図：振興シナリオ：木造建築物、木製家具の生産量が 2050 年までに 70%になる場合

振興シナリオの「省エネ効果」は現状シナリオを 0 としたときの値

4.4.5.5. 技術テーマに関するポテンシャル評価事例

安藤（2018）の 2030 年までの建築着工予測を 4 つのシナリオ別に整理した資料⁵⁵によると、木造率が現状のまま継続された場合、人口減少や世帯数の伸び悩みから建築着工数は減少傾向にあるため、2013 年～2017 年（5 年間）の木材使用量平均値 1,319 万 m³ から 2030 年には約 530 万 m³ 減少する。3 階建て以下に限らず中高層共同住宅や非住宅等すべての建築物での木造化が進んだ場合、前述の平均値から 681 万 m³ の増加があると見込まれている。つまり木造化率を現状維持した場合とすべて木造化をした場合の想定では、約 1,200 万 m³ の差が生まれる。一方で、現在政府によって推進されている中高層建築物木造化の政策が実現した場合は、図 4.4.13 の④政策推進シナリオのように、平均値に 115 万 m³

⁵³ 林野庁「第四章 木材産業と木材利用」『平成 30 年度 森林・林業白書』, 2020 年 6 月, 156p,
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/30hakusyo/attach/pdf/zenbun-12.pdf>

⁵⁴ 恒次祐子, 外崎真理雄「2050 年までの木材利用による CO₂ 削減効果シミュレーション」平成 21 年版
(最終閲覧日: 2020 年 2 月 21 日) <https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2009/documents/p12-13.pdf>

⁵⁵ 安藤範親「非木造建築物の市場規模から木材の潜在市場を探る」『農村金融』, 2018 年 9 月, 12-524
<https://www.nochuri.co.jp/report/pdf/n1809re1.pdf>

の増加が見込まれる⁵⁶。④のシナリオだけでは木材使用量を現状水準に維持することは難しいが、建築着工の減少に伴う木材使用量の減少を約 5 分の 1 まで抑えることができる。そのため、建築分野における中高層建築物の木造化には、大きなポテンシャルがあると考えられる。

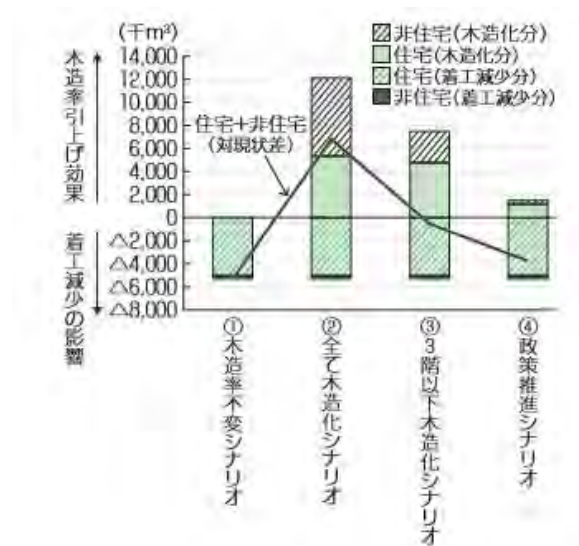


図 4.4.13： シナリオ別木材使用量の増減量

4.4.5.6. 緩和ポテンシャルの試算

上記の収集してきた情報に基づき、シミュレーションにより試算を行った。

⁵⁶ この資料が発表された 2018 年 9 月時点では、現在政府が目標としている CLT 部材コストの半額化や 3 時間耐火部材実用化前であるため、それらの施策が実現すれば④シナリオよりも早いタイミングで中高層建築物の木造化が進み、木材使用量が増加することも考えられる。