

(案)

提言

# 地球温暖化対策としての建築分野での木材利用 の促進



令和2年（2020年）〇月〇日

日本学術会議

農学委員会 林学分科会

この提言は、日本学術会議農学委員会林学分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

### 日本学術会議農学委員会林学分科会

委員長	丹下 健	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科・教授
副委員長	杉山 淳司	(連携会員)	京都大学生存圏研究所・教授
幹事	田中 和博	(連携会員)	京都先端科学大学バイオ環境学部長・教授
幹事	五十田 博	(特任連携会員)	京都大学生存圏研究所・教授
	池邊 このみ	(連携会員)	千葉大学大学院園芸学研究科・教授
	井上 真理子	(連携会員)	森林総合研究所多摩森林科学園・主任研究員
	川井 秀一	(連携会員)	京都大学生存圏研究所・特任教授
	鮫島 正浩	(連携会員)	信州大学工学部・教授
	鈴木 雅一	(連携会員)	東京大学・名誉教授
	竹中 千里	(連携会員)	名古屋大学大学院生命農学研究科・教授
	徳地 直子	(連携会員)	京都大学フィールド科学教育研究センター・教授
	森 章	(連携会員)	横浜国立大学院環境情報研究院・准教授

本提言の作成にあたり、以下の方々にご協力いただいた。

#### 参考人

青木 謙治	東京大学大学院農学生命科学研究科・准教授
小林 謙介	県立広島大学生命環境学部・准教授

本提言の作成にあたっては、以下の職員が事務を担当した。

事務局	高橋 雅之	参事官(審議第一担当)
	酒井 謙治	参事官(審議第一担当)付参事官補佐
	三神 雅子	参事官(審議第一担当)付審議専門職

# 要 旨

## 1 背景

人間活動に起因する気候変動が地球規模での重大な環境問題になっている。パリ協定では、21世紀後半には温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指している。その実現のためには、省エネ技術の革新による温室効果ガス排出量の大幅な削減とともに、森林吸収源の強化が不可欠である。森林の炭素蓄積量を増やすだけでなく、木造建築物などの木材に蓄積された炭素量を増やすことも吸収源の強化となる。林業・木材産業の成長産業化を目指す施策が講じられ、経済界等も木材利用促進による「低炭素から脱炭素」に向けた活動を開始しているが、建築用材の需要拡大には繋がっていない。

以上のような背景のもと、日本学術会議農学委員会林学分科会では、森林・林業・林産業の現状と課題を取り纏め、報告「持続可能な林業・林産業の構築に向けた課題と対策」として平成29年9月29日に発出した。今回は、林業・木材産業の成長産業化とともに地球温暖化緩和策の促進に資することを目的として、建築分野での木材利用の促進を加速度的に進めるべく、以下の提言を取り纏めた。

## 2 持続的に利用可能な木材資源量の把握に関する研究の必要性と課題

利用可能な人工林資源は増加傾向にあるが、若齢人工林が非常に少なく、将来の木材供給に課題がある。伐採後の森林の再造成を担保するには、林業の収益性を高めることが必要である。人口減少による住宅需要の減少が予測されており、現状では木造率の低い非住宅の中高層建築物の木材利用を高めることは、木材価格の高い建築用材の需要を促進し、林業の採算性向上にも貢献する。森林資源の造成と持続的利用には、林業と木材産業との連携に基づいた計画的な生産管理が必要である。木質資源の有効利用にあたっては、建築に用いられた木材を、次にはパルプなどの木質原料として利用し、最終的には燃料材として用いるカスケード利用が重要である。

木材の安定供給のためには、地理情報システムを応用して森林をゾーニングし、木材生産を目的とした経済林の適正配置と路網などの基盤整備が必要である。その上で、森林資源量など必要な森林基盤データを早急に整備し、合わせて高度情報化時代に対応した林業と木材産業で情報共有するための技術開発を学際的に推進する必要がある。

## 3 利用促進に関わる環境負荷評価の必要性と現状

地球温暖化緩和策として建築用材利用の促進を図るには、木材サプライチェーンを俯瞰的に捉え効率的な環境負荷削減策を、定量的な分析に基づいて検討することが必要不可欠と考える。そこで活用が期待される評価手法の一つに、育林・伐採・加工・利用・廃棄などのプロセスごとに環境負荷を定量的に明らかにする Life Cycle Assessment (LCA)が挙げられる。環境負荷の定量的な評価のためには、第2章で示した森林基盤データはもちろん、各プロセスにおける資源やエネルギー消費量などの詳細な動態に関するデータ整備が

不可欠である。科学的根拠に基づいた低環境負荷な森林資源造成や木材利用の在り方が一層深く議論されるべきである。また、これらの知見に基づき、環境配慮設計や認証ラベルが貼付された製品の生産や消費など、社会の中で環境負荷削減に資する行動が誘導されるような仕組みづくりも重要と考える。さらには、こうした環境評価の技術を有する人材の育成も極めて重要と考える。

#### 4 建築分野での木材利用と材料・構法開発の現状と課題

欧米では 20 階を超える木造建築物が建てられるなど世界では高層建築の木造化の潮流があるが、日本では非住宅用の中高層建築物の木造化が進んでいない。大断面あるいは長大な部材や防耐火性能の高い部材など中高層木造建築物に適合した部材の開発、構法開発、法令等の整備をさらに進める必要がある。これまで住宅建築が主流であったこともあり、その前提となる研究が遅れており、構造、防耐火、遮音などの建築物として具備すべき性能を評価するためのデータの整備を推進する必要がある。センシング技術によって建築物の耐久性能を管理する技術の開発や、部材を「取り換える」ということを前提とした構法とそれを容認する社会的環境の整備、なども今後、安心して中高層木造建築物を建て、継続的に生活していくうえで重要である。

#### 5 提言

今世紀半ばでの温室効果ガス排出量の実質ゼロに向け、森林並びに木材による炭素吸収及び貯留機能の強化に向け、以下の提言を行う。

- 1) 森林資源造成を推進していくためには、林業の収益性を高める必要がある。計画的な路網整備によって生産性の高い経済林ゾーンの造成を図るためには、森林の機能分類によるゾーニングの研究推進が求められる。
- 2) 森林資源モニタリングデータの共有による林業（川上）と木材産業（川下）の連携強化が必須であり、航空レーザー測量技術や UAV（ドローン）の活用等による高精度でかつ安価な森林資源モニタリング技術の開発を進める必要がある。
- 3) 日本は、中高層木造建築物の建設については欧米に遅れをとっている。中高層建築物での木材使用量を増やすために、木材と金属やコンクリートなどを効果的に組み合わせた複合部材の開発やそれを用いた建築技術の革新、新たな木質部材の規格整備、優れた環境性能を客観的に示す指標の導入を積極的に進め、消費行動への働きかけを図る必要がある。

## 目 次

1	はじめに	1
2	持続的に利用可能な木材資源量の把握に関する研究の必要性と課題	3
	（1）我が国の森林資源の現状と課題	3
	（2）建築業との連携において配慮すべき林業固有の特質	4
	（3）経済林の適地分析と森林ゾーニング	5
	（4）森林基盤データ整備技術開発の必要性	6
3	利用促進に関わる環境負荷評価の必要性と現状	9
	（1）環境負荷評価の目的	9
	（2）環境負荷評価の現状と課題	9
4	建築分野での木材利用と材料・構法開発の現状と課題	11
	（1）木造率の現状と課題	11
	（2）中高層・大型の木造建築に関わる期待と現状	11
	（3）CLT など新しい材料開発の現状と課題	12
	（4）構造、防耐火、遮音、耐久性などの諸性能に関わる研究の現状と課題	14
5	提言	16
	<用語の説明>	17
	<参考文献>	20
	<参考資料>	21

## 1. はじめに

人間活動に起因する大気中の温室効果ガス濃度の上昇による地球温暖化が進行している。それに伴い、異常気象の頻発など、気候変動が地球規模での重大な環境問題になっている。気候変動緩和に向けた 2020 年以降の新たな国際的枠組みとしてパリ協定が採択されている。この協定は先進国だけではなく、開発途上国を含む全ての国が参加する国際的な地球温暖化対策の取り組みである。パリ協定では、21 世紀後半には温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指している[1]。その実現のためには、省エネ技術の革新による温室効果ガス排出量の大幅な削減とともに、吸収源の強化が不可欠である。主要な温室効果ガスである二酸化炭素の現実的な吸収源は森林である。森林の保全や造林によって森林の炭素蓄積量を増やすだけでなく、都市の木造建築物などの木材に蓄積された炭素量を増やすことも吸収源の強化となる。木材は、樹木が大気二酸化炭素を光合成によって固定した有機物からなっており、炭素を蓄積しているとともに、燃やしても大気二酸化炭素濃度を上昇させないカーボンニュートラルな資源として評価されている。吸収源の強化として、森林資源の増強と木材生産の増大を両立させる持続可能な森林経営が求められている。

森林管理の基本指針は、1992 年の環境と開発に関する国際連合会議（国連環境開発会議、UNCED）における森林原則声明<sup>1)</sup>によって示された「持続可能な森林経営」の考え方に基づく。温帯林を主とする日本はモントリオールプロセスに加盟しているが、そこでは、森林経営の持続可能性を評価する 7 つの基準が示されており、それらの基準の中で、生物多様性の保全や森林生態系の健全性の維持が基準の上位に掲げられている。森林生態系が健全に維持されることによって、水源涵養機能や土砂災害防止機能などの環境保全機能だけでなく、土壌の生産力が維持され持続的な木材生産も可能になる。

温暖化緩和策としての木材利用が注目されているが、日本においては国内の木材需要は停滞しており（図 1）、木材価格の低迷が林業の採算性を悪化させ、十分な管理が行われな森林の増加を招いている。農林水産省は、2009 年 12 月に森林・林業再生プランを策定し[2,3]、2016 年 5 月には森林・林業基本計画の変更に伴い、資源の循環利用による林業・木材産業の成長産業化の実現を目指す方針を示し[4]、施策を講じている。しかしながら、製材用材の新たな用途として期待された住宅以外の建築物での木造率は大きくは上昇せず、製材用材や合板等の需要が拡大していないなど（図 1）、状況は大きくは改善していない。

2019 年度からは森林経営管理法に基づく新たな「森林経営管理制度」<sup>2)</sup>が施行され、森林の経営管理の集積・集約化と、原木生産力の拡大を図ろうとしている。これと併行して、森林環境税ならびに森林環境譲与税<sup>3)</sup>の導入も図られ、森林環境譲与税については、森林環境税に先んじて 2019 年 4 月から各自治体に配布が始まっている。森林環境譲与税については、譲与基準の中に人口按分が 30%含まれるため、大都市地域を含む森林のない自治体へも配分される。このため、これらの地域では、公共施設等への国産材利用拡大の推進が期待される。（公社）経済同友会は、2019 年 11 月に「木材利用推進全国会議」を設立し、木材生産から最終消費に至る様々な事業者や地方自治体が一堂に会し、勉強会や情報交換を重ねながら、国産木材を利用しやすい環境づくり、木材利用が環境や社会に与える価値の共有、林業分野の生産性向上と新たな技術の普及などに向けた活動を行うとしてい

る。また、日本建築構造技術者協会地球環境問題委員会では「中大規模ビル型建物への木材活用に関する提言」に向けた活動を行っており、木材による「低炭素から脱炭素」に向けた活動を進めている。

以上のような背景のもと、日本学術会議農学委員会林学分科会では、森林・林業の現状と課題を取り纏め、報告「持続可能な林業・林産業の構築に向けた課題と対策」として平成29年9月29日に発出した[5]。平成30年6月に、上記報告について林野庁と意見交換する機会を設けた。令和元年9月には、シンポジウム「林業と建築における木材利用 ―川上から川下までの現状と課題―」を開催し、木材の主要用途である建築分野での木材利用の現状と促進させるための課題の整理を行った（参考資料2）。林学分科会におけるこれらの審議等を踏まえて、林業・林産業の成長産業化とともに地球温暖化緩和策の促進に資することを目的として、建築分野での木材利用の促進を加速度的に進めるべく、以下の提言を取り纏めた。

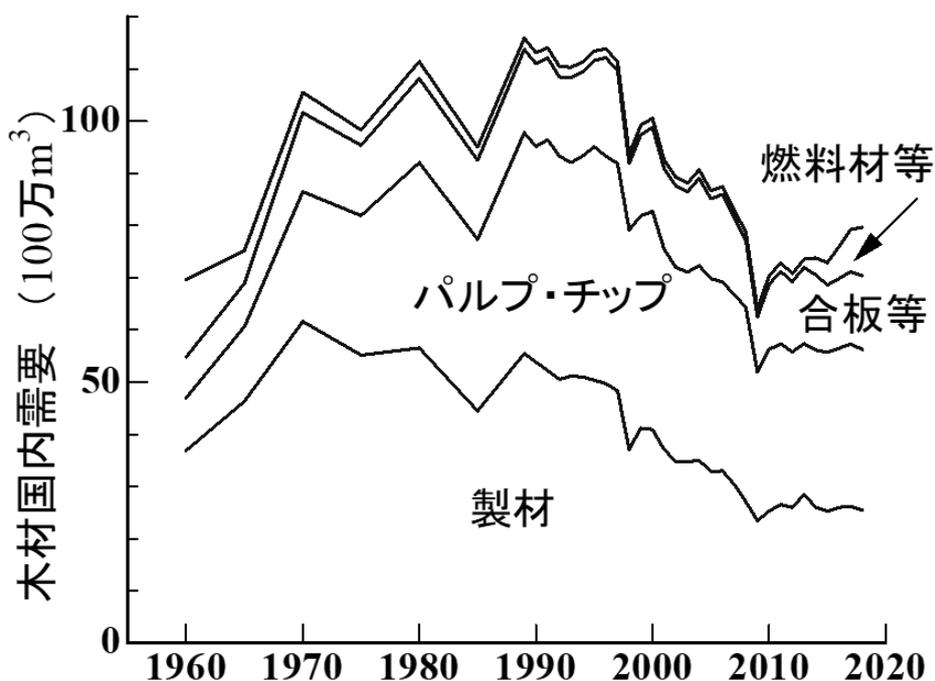


図1 用途別木材の国内需要の経年変化（農林水産省：木材需給表[6]より作成）

## 2. 持続的に利用可能な木材資源量の把握に関する研究の必要性と課題

### (1) 我が国の森林資源の現状と課題

平成 29 年 3 月時点での森林面積は、人工林が 1020 万 ha、天然林が 1348 万 ha、無立木地・竹林が 136 万 ha の計 2505 万 ha であり、国土の 67%を占めている[7]。人工林の林齢構成は、戦後に植栽された人工林の過半が 46 年生（10 齢級）以上になり、伐採利用可能になっている一方で、若齢な人工林が少なく将来の木材供給能が課題となっている（図 2）。近年、皆伐後に再造林されない人工林が増えていることが問題となっており、林業の収益性の低さと再造林コストが原因となっている。シカの食害の防御コストも重荷となっている。林業の収益性を高めることが、持続可能な森林資源造成には不可欠であり、価格の高い木材の用途を増やすことが求められる。

幹の材積の総和である森林蓄積は、人工林が 33 億 m<sup>3</sup>、天然林が 19 億 m<sup>3</sup>の計 52 億 m<sup>3</sup>である。平成 19 年 4 月から平成 24 年 3 月の平均年増加量は人工林が 78 百万 m<sup>3</sup>、天然林が 16 百万 m<sup>3</sup>の計 94 百万 m<sup>3</sup>、平成 24 年 4 月から平成 29 年 3 月の平均年増加量は人工林が 53 百万 m<sup>3</sup>、天然林が 15 百万 m<sup>3</sup>の計 68 百万 m<sup>3</sup>であり、減少傾向にある。これは、国産材の生産量（伐採量）が最近 10 年で約 10 百万 m<sup>3</sup>増加したことと人工林の高齢化による成長速度の低下によるものである。増えた国産材の用途の 6 割はバイオマス発電用の燃料材である（図 1）。建築用材の自給率は 5 割程度であるが、建築用材の需要は増加傾向にはない（図 1）。平成 29 年の総需要量は、8185 万 m<sup>3</sup>であり、木材自給率は 36.2%であって、自給率は近年上昇しているが、多くの木材を海外に依存している状況は続いている（図 3）。森林蓄積の年増加量は、輸入材量に相当する量であるが、木材の搬出コストが高いなどの問題で、伐採できない人工林も多い。

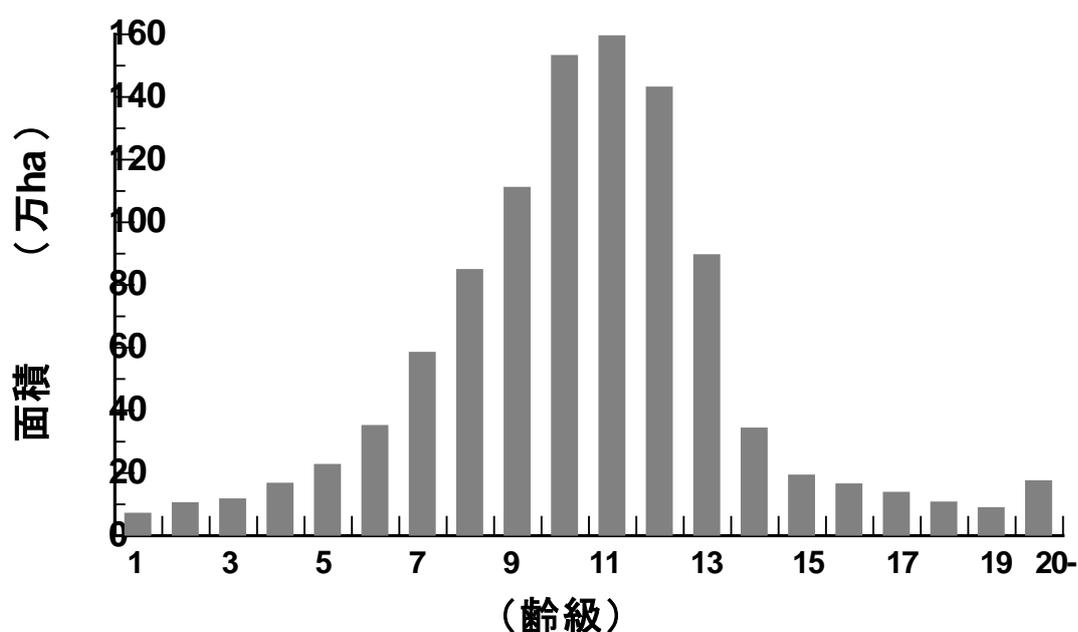


図 2 人工林面積の齢級構成（平成 29 年 3 月）（林野庁：森林資源の現況[7]より作成）  
齢級：林齢 1～5 年生を 1 齢級、林齢 6～10 年生を 2 齢級というように、5 年単位の林齢のくくり。20 齢級以上は、20 齢級にまとめて示した。

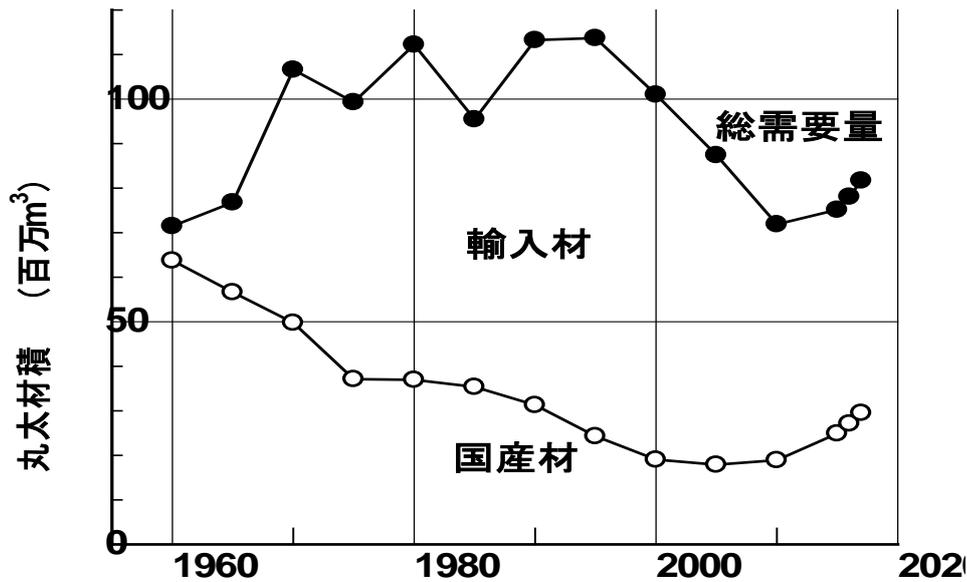


図3 木材需要量の経年変化（農林水産省：木材需給表[6]から作成）

(2) 建築業との連携において配慮すべき林業固有の特質

林業は農業と異なり、生産期間が数十年以上と長期にわたることから、より長期的な生産計画と管理が必要である。しかも、土地への依存度の高い産業であるので、気候や地形、土壌等の自然条件や林道からの距離等の社会的（人為的）条件の影響により生産性や収益性は土地ごとに異なる。加えて、生産物の木材は重厚長大であるので、その保管や運搬においても、広い空間と機械力を必要とする。したがって、木材利用における林業と建築の連携関係を構築していくには、その地域から持続的に産出される木材量の長期予測、ならびに物流や加工におけるシステムや機械導入における規模の想定が重要な課題になる。特に生産期間が長期に及ぶという特質は、市場のニーズに迅速に対応することが不可能であることを示しており、消費者ニーズの変化への対応は加工部門で調整するしかない。

木材は大気中の二酸化炭素を吸収固定したものであるもので、木造建築物などは、都市域をはじめとする居住空間において炭素を長期間にわたって貯蔵する役割を果たしている。すなわち、今後、都市域は炭素の貯蔵空間としての役割も果たすことが期待されている。人口減少が進むわが国では、今後、住宅需要は減少すると予測されるので、公共建築物などの中高層建築物において木材の利用を高める必要がある。特に、これまでに経験をしたことがない高齢化社会を迎えるにあたって、高齢者の新しい住まいの在り方を考える必要があり、その一つが、木のぬくもりが感じられる、快適性の高い木造の高齢者向け共同居住空間の創出である。このような地域政策と連動させることによって、長期にわたる木材需要を喚起させ、持続可能な森林経営を構築していくことがポイントとなる。

木質資源の有効利用にあたっては、カスケード的な利用が重要である。すなわち、最初は木材を建築用材として利用し、一定期間が過ぎたら、パルプの原料としてなど別の用途に利用し、最終的にはバイオマス発電の燃料として利用するという流れである。上述の高齢者向け木造共同居住空間の創出に関しては、次のようなモデルが考えられる。例えば、

木材の生産期間が50年であるとする、今後20年間くらいは高齢者向け木造共同住宅を建築していくが、20年後くらいからは、入居者の要求に合わなくなった一部の住宅は取り壊してカスケード的に再利用するシステムを構築していくことにして、その跡地には最新の高齢者向け木造共同住宅を建て直すのである。このようにして、最終的には50年周期で循環する木材利用システムを地域に確立させ、そのローテーションに合わせた森林経営を行うとともに、木質バイオマスのエネルギー利用に至るまでの循環システムを構築し、持続的・安定的な需給体制を整備するのである。こうすることによって、木材利用による地球的規模の課題解決に向けた体制、すなわち、産業連関における川上の林業と川下の木材業との持続的な連携、景気の短期的な動向に左右されない環境保全型の持続的な経営が可能になるのである。

### (3) 経済林の適地分析と森林ゾーニング

ある地域から産出される木質資源量を予測するにあたっては、経済林の適地分析とその結果も踏まえた森林ゾーニングが必要になる。森林には水土保持機能をはじめとして、生物多様性保全機能や木材生産機能に至るまで多様な機能があり、個々の森林について、どの機能を重点的に発揮させるのが最も合理的なのかを総合的に判断する必要がある。そうした判断に基づく森林の区分けは森林ゾーニングと呼ばれる。

森林ゾーニングでは、一般に次のような優先順位がある。まず、再現が難しいものとして、①希少性（生物多様性など）、②継承性（名所・旧跡、遺産）があり、次に、人為では制御が難しいものとして③防災性（土砂災害、洪水・浸水被害、風雪害）、利害関係が多岐にわたるものとして④公共性（景観、利便性、ライフライン）があり、最後に、合理的に判断すべきものとして⑤経済性（生産性、採算性、収益性など）がある。実際には、ツリー図法<sup>4</sup>といって、この優先順位にしたがって森林をゾーニングしていく（図4）。最終的には、経済的に不採算な森林が残ることになるが、そのような森林は、さらに次の2種類に区分される。すなわち、林道や作業道等の路網<sup>4</sup>開設に代表されるような基盤整備が実施されれば採算があうようになる森林と、そうでない森林である。なお、後者の林業としての採算性が取れない森林（非経済林）も、他の経済価値による資本評価の可能性のあることにも留意が必要である。

2019年度から、森林経営管理法の施行に伴い「新たな森林管理システム」が導入され、林業経営に適さない森林については、所有者と連絡が取れない場合には、一定の手続きをとることによって市町村が自ら管理できることになった。また、現在1,020万haの人工林については、経済性が見込めない人工林については、広葉樹林や針広混交林への誘導を図り、将来的には天然林に戻し、環境林<sup>5</sup>として維持していく方向で検討され始めており、将来の人工林面積は、660万haに減じると見込まれている[8]。

経済林の適地分析は、一般に、次の4つの観点から判定される。①[地位]土地の肥沃度（土地生産性）、②[地利]地の利（主に伐採・搬出の利便性）、③[森林の集約度]林業適地に森林がまとまって存在していること、④[森林資源の成熟度]森林資源が成熟しており、持続可能な林業経営ができること、である。このうち、[地位]は自然条件である

ので変えられない。また、「森林の集約度」や「森林資源の成熟度」は変更するには長時間を必要とする。したがって、地域総合計画や森林ゾーニングの中で比較的容易に変更できるのは「地利」である。特に、伐採・搬出の利便性に直結する路網開設等の基盤整備は重要な政策課題になる。

高性能林業機械を用いた丸太の搬出技術は、おおまかに車両系と架線系の2種類に区分される。車両系はハーベスター<sup>6)</sup>やスウィングヤーダー<sup>7)</sup>を用いる作業システムであるが、集材（伐倒した樹木を集める作業）距離はそれぞれ25m、50m程度でしかない。また、架線系のタワーヤーダー<sup>8)</sup>を用いる作業システムを採用したとしても、その集材距離は300m程度でしかない。要するに、高性能林業機械を用いた場合の搬出可能区域は林道や作業道の沿線に限られ「道端林業」と呼ばれている。

経済林の適地分析では、GIS（地理情報システム）を応用して、森林ゾーニングの基礎となる地形等の自然環境情報を解析するとともに、「道端林業」対象地域内の森林資源の集約度や成熟度を分析し、生産性、採算性、収益性などの判定、ならびに将来にわたる木材生産量の予測などを行っている。

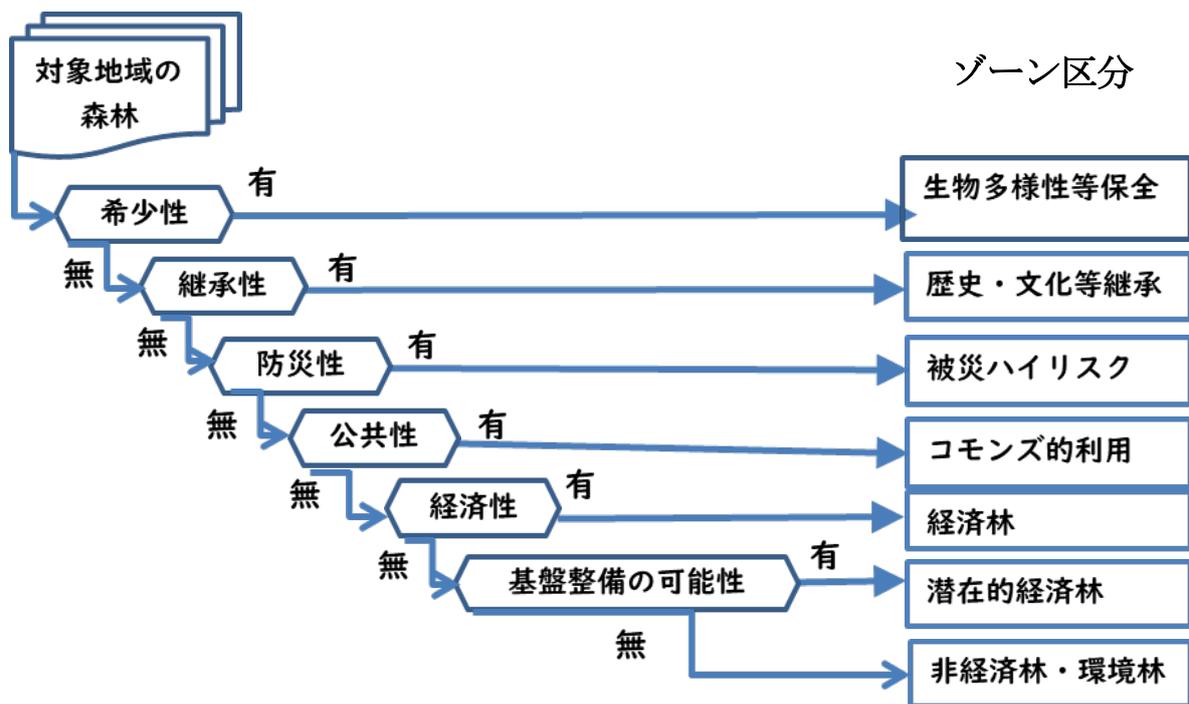


図4 森林ゾーニングのツリー図

#### (4) 森林基盤データ整備技術開発の必要性

以上述べてきたように、地球温暖化問題の解決に向けた取り組みの一つとしては、化石燃料を木質バイオマス燃料で代替する案や、大気中の二酸化炭素を吸着固定した木材を木造建築物として貯蔵する方法が考えられる。これらの方法は地味ではあるが着実に堅実な方法である。しかし、実際に行おうとすると、経済性一辺倒の考え方を変わるとともに、

我々のライフスタイルそのものも持続可能なものへと変革しなければならない。特に、森林という自然そのものを対象にするので、多様性のあるものに対して、個別の事情に配慮したきめ細かな対応が必要になる。まさに、政府が進めようとしている IoT (Internet of Things) を活用した Society 5.0<sup>9)</sup> を自然環境の領域にも適用することになる。そういう意味において、森林基盤データの整備に関する技術開発は、これからの国土管理やライフスタイルの変革を進めていくうえで喫緊の課題である。

森林基盤データ整備技術開発の必要性を、森林ゾーニングの優先度の順番にしたがって、述べていくことにする。

まず、①希少性であるが、生物多様性の保全に関わる現状把握、将来予測、そして保全の技術が必要である。森林を含めた広域にわたる土地利用のモニタリングについては、航空レーザー測量を用いた調査に加えて、衛星リモートセンシング技術との組み合わせ技術の開発が一層望まれる。近年は、局所的な区域については UAV (ドローン) や地上レーザー測量が活用されている。今後の課題は、これらの膨大な量のデジタルデータの AI (人工知能) を活用した迅速な評価と将来予測やシミュレーションに関する技術開発である。また、それらの解析結果に応じた対策、特に、生物多様性の保全に関わる具体的な保全技術の開発である。

つぎに、②継承性であるが、これは名所・旧跡、文化遺産、自然遺産など、歴史や文化、景観などに関するものであり、先代たちによって守られてきた区域を、次の世代にも受け継いでいくためのものである。国立公園やジオパーク、野生動物のコリドー<sup>10)</sup>なども含まれる。なお、コアゾーンとバッファゾーンという区分けが必要とされる場合もある。

③防災性については、森林・林業関係者だけでなく土木関係者も含めて、他分野との連携が必要となる。そのためには、まず、森林・林業関係者が保有しているモニタリング情報などのオープン化・共有化の技術が必要であり、情報関係分野の研究者の協力が必要になる。特に、森林管理において用いる伝統的な森林情報の保有形式と、一般の研究者が使いやすいデータ形式とが異なることから、森林情報のメッシュ情報化、例えばタイルポリゴン化<sup>11)</sup>などの対策ならびにそれらのデータのデータベース化が必須となる。ハザードマップの作成や見直しについては、航空レーザー測量データから作成できる微地形図 (赤色立体図や CS 立体図など) の活用に関する技術開発が重要である。また、自然災害が生じた場合の対応として、タブレット端末を用いた現地情報の収集技術、ならびに、それらのデータのクラウド化による集中管理と共有化、AI を応用した迅速な状況判断や将来予測技術の開発が必要になる。

④公共性については、今後、安全性やライフラインの確保の観点から税金等の公的資金の森林管理への投入が増加すると予想されることから、国民や地域住民に対して説明責任を果たす技術、ならびに、解り易い指標の開発が必要となる。なお、地域住民の合意形成に関わる手法や、ESG (Environment, Social, Governance) 投資<sup>12)</sup>に関わる指標の開発については、住民や市民による賢明な判断を実践に結びつける方法であるので、社会学等を専門とする研究者との連携が必要になる。また、ESG 投資の際に選別対象となる企業においては、本業での排出量削減を含めた環境負荷の低減に取り組んでいることに加え、吸

収源の強化など、よりいっそうの環境保全への取り組みが期待される。例えば、炭素貯蔵機能を有する木造建築物の導入による緩和支援策、さらには、深刻化する局地的な豪雨や洪水、渇水・土砂災害に対する適応策についても CSR (Corporate Social Responsibility : 企業の社会的責任) <sup>13)</sup>活動を通して積極的に取り組むようになることが期待される。森林は、温暖化問題の緩和策、適応策の両方に関わるので CSR 活動の主要な対象の一つになると考えられる。したがって、森林管理者等は、EBM (Evidence-Based Management) <sup>14)</sup>を通して、緩和策や適応策への取り組み内容、ならびに、持続的な森林経営に関する説明責任を果たしていく必要があり、それらの社会的な体制づくりに関する研究も必要である。

最後に、⑤林業としての経済性に関する森林基盤データ整備と技術開発の必要性であるが、これについては次の2つの側面がある。

第1は地域計画に関する手法の開発である。川上の林業と川下の木材業の連携は理想論であるが、現実にこれを推進しようとする、まず、規模の問題に直面する。森林ゾーニングと経済林の適地分析の結果、経済林としての対象区域が明確になるが、果たして、その規模の経営活動によって林業と木材業が一体となった展開が図れるのかという問題に直面する。場合によっては、市町村の枠を飛び越えて、流域単位で対応する必要があるかもしれない。森林を含めた地域計画をどのように作成していくのか、その場合に基盤となるデータをどのように整備し共有していくのか、行政的な視点も含めた対応が必要になる。

第2は、林業(川上)と木材業(川下)の連携に関する持続性と発展性に関する展望の必要性である。既に述べたように林業経営は数十年をローテーションとする息の長い営みである。21世紀型の持続可能な社会システムを構築していくには、自然のリズムに合わせた超長期的な経営活動が必要であり、当然のことながら次世代も巻き込んだ活動になる。民間の営利活動として推進していくには難しい面もあり、当面はモデル事業として取り組んでいくしかないと思われる。このことは、余程しっかりとした将来ビジョンがないと現代や将来の若者が参画してこないことを意味する。したがって、持続可能な社会システムを構築するための国家事業として位置付ける必要があり、そのためにも21世紀の森林管理にふさわしい森林基盤データを整備し、必要な技術開発を進める必要がある。

地球温暖化によると思われる気候変動が顕在化しつつある。自然災害が多発することも懸念される時代に突入してしまった。人類はライフスタイルそのものをエネルギー節約型の社会に切り替えていくとともに、自然との共生を真剣に考えねばならない。森林や自然環境に関わる現状把握(モニタリング)も重要であるが、さらにもう一步踏み込んで、迅速に的確に将来を予測する技術を開発するとともに、それらのシミュレーションやシナリオを踏まえて、21世紀型の持続可能な社会システムを構築する必要がある。来るべき社会は、様々な自然環境情報などをAIが迅速に的確に判断し、人類をサポートする時代になると思われることから、そのために必要な森林基盤データを早急に整備し、合わせて高度情報化時代に対応した技術開発を学際的に推進する必要がある。

### 3. 利用促進に関わる環境負荷評価の必要性と現状

#### (1) 環境負荷評価の目的

森林資源は、適切な管理を行えば、持続的に生産可能な資源である。我が国の森林資源は、国産材の供給可能量が国産材の需要を大幅に上回る資源余剰の状況にある[7]。一方、森林資源が余剰と言われる背景にあるのは、戦後の拡大造林による人工林資源が伐期を迎えているためである。最近では伐採された後に再造林が行われていないケースもあり、短期的には余剰であっても、長期的には不足する可能性もないとはいえない(図3)[9]。

持続的な利用だけでなく、森林資源に期待される機能は多数存在する。既に述べたように、地球温暖化の視点では、森林吸収源としての効果や、建材としての炭素の固定が挙げられる。もちろん、森林資源の育林・伐採・加工・利用・廃棄における温室効果ガスの削減も欠かせない。それだけではなく、管理された森林には、水源涵養機能・土砂災害防止機能・生物多様性保全機能など多面的な機能がある。

森林の管理を例に挙げると、直接的には林業従事者が対応すべきことが多いように見える。しかし、実際にはサプライチェーンにおける多岐に亘るステークホルダそれぞれが、相互にコミュニケーションをとりつつ、それぞれの立場で課題解決に取り組むべきと考えられる。そのサプライチェーンの最終消費者の一つである建築業は、木材利用に関する意思決定を行う立場にあり、その責任は重い。

こうした課題の解決のためには、木材サプライチェーンを俯瞰的に捉え効率的な環境負荷削減策を検討すること、また、定量的な分析に基づいて削減策を検討することが必要不可欠と考える。そこで活用が期待される評価手法の一つに、**Life Cycle Assessment (LCA)**<sup>15)</sup>も挙げられる。LCAを活用すれば、育林・伐採・加工・利用・廃棄などのプロセスごとに、温室効果ガス排出量や大気・水質の汚染物質排出量などの環境負荷を定量的に明らかにすることができる。

#### (2) 環境負荷評価の現状と課題

現状では、木材の活用における環境影響評価に関する分析事例は多いとは言えない。環境評価が広く利用されるためには、評価のための土台がよりしっかりとしたものとならなければならない。具体的に、多様な機能を果たす森林資源の評価の考え方についてより深く議論されることが重要と考えられる。また、そのための評価に必要なデータベースの充実も不可欠である。具体的には、評価に欠かすことができない基本的な動態を示すデータの整備が重要である。具体的に、前述の森林基盤データはもちろん、育苗、植栽や育林作業、伐採や集材等に用いる機械稼働、木材市場までの輸送距離や輸送に伴う資源消費量・エネルギー消費量などのデータ整備が欠かせない。またそれらを活用し分析された環境動態に関するデータの蓄積が必要と考える。このようなデータを蓄積することによって、より低環境負荷な木材の活用方法の検討や、国産材と輸入材の環境負荷の比較も可能になる。決して多くはない報告例の一つではあるが、我が国の木材ライフサイクルにおける環境負荷削減のためには、再造林率の向上や化石燃料利用量の削減などが重要な課題であることなどが分かってきている[10]。例えば再造林率は、適切な管理が実施されている森林資源

からの木材の購入が重要となる。化石燃料の削減は、自然エネルギーや再生可能エネルギー等を利用して生産された材料の購入、また調達に関わる輸送負荷の削減などを検討することが重要になる。また、炭素固定の観点からは材料の長寿命化が不可欠な視点となることが考えられる。今後、こうした評価事例の蓄積や、その削減策について様々な立場で議論を深めることが大きな課題であると認識する。

前述の通り、こうした研究事例を蓄積し、科学的根拠に基づいた低環境負荷な木材利用の在り方が一層深く議論されるべきである。また、これらの知見に基づき、環境配慮設計や環境ラベルなど、社会に対して分かり易く情報発信するための評価の仕組みづくりも重要と考える。さらには、こうした取り組みを ESG 投資や CSR など社会的関心と連携させ、低環境負荷な木材活用に関する取り組みがいつそう促進されるよう誘導することも必要であろう。さらには、こうした評価技術を有する人材の育成も極めて重要と考える。

#### 4. 建築分野での木材利用と材料・構法開発の現状と課題

##### (1) 木造率の現状と課題

木材の建築利用の推進を目的に、平成 22 年 10 月に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」[11]が施行された。低層の公共建築物は原則、木造建築物とするものであるが、施行後約 10 年を経て多少の増加は見られるものの、低層の建築物は 27.2%と依然、低水準にある(表 1)。普及を阻害している要因は、自治体の事情によって異なるが、木造建築に対する実績、コスト高、耐久性、維持管理、木材調達などへの不安があげられている。そこで、国、自治体では、木材の利用の促進に関する方針を策定に加え、手引書なども作成し、不安の払拭策を講じているが、現在のところその効果は部分的である。

表 1 木造率の推移 (単位%)

年度/平成 (西暦)	H22 (2010)	H23 (2011)	H24 (2012)	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)
建物全体	43.2	41.6	41.0	41.8	40.3	41.8	42.3	41.9
うち公共建築物	8.3	8.4	9.0	8.9	10.4	11.7	11.7	13.4
うち低層の公共建築物	17.9	21.3	21.5	21.0	23.2	26.0	26.4	27.2

「建築着工統計調査平成 29 年度」(国土交通省) [12]のデータを元に林野庁が試算した資料より作成

##### (2) 中高層・大型の木造建築に関わる期待と現状

上記のように公共建築物等に木材利用を図る理由の一つは、少子高齢化が叫ばれて久しい昨今、住宅のさらなる需要の伸びへの期待が現実的ではないという側面もある。そこで、民間建築物においても木造住宅から事務所、商業建築などの大型の木造建築の建設に対して期待が寄せられている。

我が国は現在供給できる木材が多く、早期にその消費を図りたいという事情がある。海外では、循環材料である木材に注目し、有効利用を図るべく、木造建築の高層化が進められている。10 年ほど前にロンドンにて 9 階建ての集合住宅が建ち、その後、メルボルンの 10 階建てなど、10 階程度までの建築物が各地でみられるようになった。現在ではバンクーバーの 19 階建て(図 5)、ウィーンで 24 階建て(図 6)が建設されている。なお、バンクーバーの 19 階建ての木材使用量は、年間 511 台の車が排出する炭素量に相当する炭素貯蔵量、と説明されている[13]。当然、法令の整備も進められており、欧州では 1990 年ごろまで木造建築は 2 階建て程度であったが、現在では全欧で 5 階建て以上の木造建築物が可能となり、地震国のイタリアであっても木造だからという階数制限はなくなっている。北米ではこれまで 5 階建て程度まで枠組壁工法によって建てられていた。しかし、それ以上の階数になると木造という選択はほとんどなかった。米国の建築規制は州により異なるが、5~6 階程度が上限であった。最近になって、各州の建築基準の規範である IBC (International Building Code) を 18 階建てまで認めるものに変更した。州によって採用するかどうかの違いはあるだろうが、オレゴン州やカリフォルニア州などのように IBC の変

更前にいち早く高層木造へ取り組んでいるところもある。このように木材を利用した高層建築の潮流が世界では生まれている。そして、この背景には、木造建築による二酸化炭素貯蔵効果がある。



図5 ブロック commons



図6 HoHo タワー

日本でも同様に、木材利用に関する材料開発、構法開発、法令等の整備が進められている。例えば、新しい材料としては CLT(Cross Laminated Timber)<sup>16)</sup> (日本農林規格では直交集成板) の建築利用を推進すべく、平成 28 年 3 月 31 日、4 月 1 日とたて続けに CLT に関連する告示を公布・施行した。平成 29 年度森林・林業白書[14]によれば、CLT 生産能力は 2014 年が 1 万 m<sup>3</sup>で、毎年 5 万 m<sup>3</sup>ずつ生産能力を高め、2024 年には 50 万 m<sup>3</sup>の生産体制を目指すとなっていた。しかしながら、2017 年で 6 万 m<sup>3</sup>の生産能力にとどまっている。前述の低層木造率と同様に、建設件数については徐々に増えてはいるものの、その伸びは緩やかである。結局、供給可能な木材を消費できるほどの状況には至っておらず、加速的な利用に向けた方策が望まれる。これまで住宅建築が主流であったこともあり、その前提となる研究が遅れており、構造、防耐火、遮音などの建築物として具備すべき性能を評価できるほど、中高層の建築を可能とするだけのデータが整備されていない。以下具体的に、材料開発、構造、防耐火、遮音、耐久性に関わる課題について記述する。

### (3) CLT など新しい材料開発の現状と課題

中高層建築物<sup>17)</sup>を木造化する動きに呼応するためには、従来の住宅用部材よりも大断面の部材、あるいは長大な部材が必要となっており、要求性能に合わせた木材側の技術開発もここ数年非常に活発な動きを見せている。同時に、従来から使用されてきている製材や集成材、合板などの木質材料も含め、材料特性の明示や品質の確保が求められ、高いレベルでの品質管理が求められるようになってきている[15]。

大型の木造建築物への適用可能な材料として、大断面材あるいは長大材を比較的容易に製造可能な木質材料である集成材<sup>18)</sup>や単板積層材(LVL)<sup>19)</sup>があげられる。これらは主に柱梁等の軸材料として用いられ、断面寸法も自由に製造できるため、以前より大型の木造建築物用の材料を供給してきた。今後もこれらの木質材料は、大型の木造建築物を建設するために必要不可欠な材料として利用され続けるだろう。一方で、欧州を中心に急速に発展してきた CLT は、製材挽き板の繊維方向を直交させながら積層接着した大きな板状の木質材料であり、大量の木材を使用することができるメリットとともに、建築物の壁や床を1枚の大きな板で覆うような建築構法が可能である。この CLT を使って近年の中高層建築物は建設されており、今や世界的な潮流となっている。同じような特性を持った材料として、LVL を二次接着して厚板としたものや、集成材で幅広の板を作って構造材として利用する試みもあり、CLT と同様の大幅で板状の木質材料に対する需要はまだしばらく続きそうである。その流れを受けて、近年は構造用合板を二次接着した MPP (Mass Plywood Panel)<sup>20)</sup> という製品が北米で開発されており、日本への導入を企図した技術開発が国内でもようやく始まろうとしている[16]。



図7 国産スギによる CLT



図8 厚物合板を二次接着した MPP

このように、木造建築物に用いる材料には多種多様な種類があり、またそれらを複合すること等により新たな木質材料を作り出すことも可能である。しかし、新しい材料を建築物に使うためには、材料の品質や性能が明確になっていることが重要である。含水率やヤング係数が管理され、節や割れ、繊維傾斜などの有無や割合がチェックされていることは最低限必要な情報であり、そのために JAS や JIS といった材料規格の整備が必要である。そのような規格に沿って製造され品質が明示された材料に対し、建築基準法で基準強度<sup>21)</sup>を与え構造計算等ができるようになる。CLT も材料規格整備のための技術開発研究を実施し、早期に建築物への利用が可能となった。CLT 自体はオーストリアで開発が始まったものであるが、現在も開発途上である。より合理性を求めた組み合わせや製造方法について継続的に研究が進められている。日本ではいわば後追的に CLT の開発を進めている。現在の材料構成や製造方法、さらには強度特性について、十分な検討がなされたうえで技術開発が推進されているかというところではない。例えば、実際に CLT を製造すれば他の材

料に比べ製造コストがかかり、強度実験を実施すれば基準強度の2倍程度の強度が得られることもしばしばである。より材料を有効に活用するために、製造方法や強度区分における革新的な研究が望まれるところである。特に、これまでは実大材を用いた強度特性の把握が中心であったが、これでは新しい材料や新しい組み合わせ、あるいは接着方法が異なるたびに実大実験を重ねる必要があり、非現実的であることは現在の CLT の開発状況をみても明らかである。今後は木材組織や接着機構について細胞レベルにまで踏み込む研究を実施し、ばらつきや強度発現機構を解明することが必要である。そのために組織細胞学、材料学、そして建築学につながる人材の育成や研究の推進が求められる。

また、これまでの住宅への適用では、品質管理については注目してこなかった。今後の大型建築物への需要拡大を進めていく上で、木質材料の品質の明確化は最重要課題である。材料強度等の特性値だけでなく、耐久性能や環境性能などの諸物性値も含め、需要者が安心して木質材料を選択できるようにするためにも、鋼材やコンクリートと同列に設計ができるようにするためにも、基礎的な技術開発研究を進めていくことも重要である。

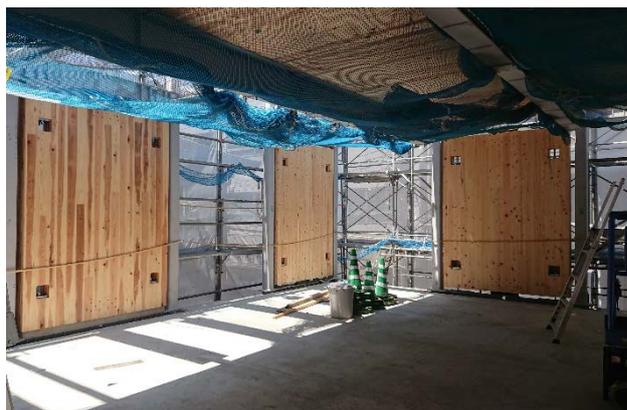


図9 鉄骨造と CLT 壁を併用した構造（左：内部 右：完成後）

#### （4）構造、防耐火、遮音、耐久性などの諸性能に関わる研究の現状と課題

ひと昔前まで、そして現在でも一部の方々にとっては、接合などに鋼材のプレートや釘などの金物を使わず、木組みの美しさを表現するものが木材を利用した建築物らしいものであると思われている。これは住宅に限らず、社寺等の比較的大きな構造物をつくる場合であっても同様である。古くは木材を使った建築物は経験と勘でその性能を担保しており、構造計算や数値解析により安全な建築物をつくる行為とは異なっていた。現在の木造建築は、このような状況とは全く異なる考え方、数値によって裏付けられた体系によって建てられている。これは構造性能だけではなく、防耐火性能、遮音性能、耐久性のすべてについてである。

海外でも中高層建築物で木材、木質材料を用いる場合には、鋼構造や鉄筋コンクリート構造などの他構造との併用構造<sup>22)</sup>となることが多い。地震国日本の法令においては、地震

後の消火活動が行われない状況下であっても建築物が建ち続けることが求められている。そのような高い耐火性を併せ持つ構造としては、鉄筋コンクリート造や鉄骨造の柱・梁フレームの中に CLT などの厚板を耐震要素として用いる併用構造が現実的な一つの解答である（例えば、図 9）。この場合、CLT は地震時に抵抗する壁であり、CLT が仮に焼失したとしても地震後であれば倒壊に至ることはない。さらに CLT は厚い板であるので、急激に燃え尽きるようなものではなく、ゆっくり木材が燃えることになり、避難時間の確保も可能である。このような併用構造の普及を後押しすべく、国土交通省では「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」が平成 29 年度から 5 カ年の計画で進められている。この構造形式であれば、木材をあらわして用いることもできる。また、最近の事例の一つとして国立競技場をあげることができる。このような大規模な木造にあっては、鉄骨で基本的な構造を確保し、木材によって美観を表現したうえで、かつ屋根面の揺れを抑える部材として用いられている。このような併用構造は地震国でかつ地震後火災を経験した我が国にあって、木材を適材適所に利用する方法の一つである。以上の混構造は 6 階程度より高い建築物であるが、5 階程度までの事務所程度であれば、併用構造とせずとも木造としても可能である。ただやみくもに木材で建築物を建てるというのではなく、耐震、耐火、遮音、耐久性なども担保した、科学的な根拠に基づく建築分野への木材利用が重要である。適ししかしながらこのような科学的なデータは不足しており、さらに建築物としての安全性を担保する設計手法は明示されていない。た防耐火については、これまで木造の階数制限が長く続いた我が国にあっては、研究はまだ端緒に着いたばかりであり、検討すべきことが山積している。また、海外の集合住宅などでは木造の床の上に鉄筋コンクリート造の床を構成し、遮音性を図るのが一般的であるが、日本ではいまだなじみが薄い。構造、防耐火、遮音いずれも海外事例が多く、それらとの連携を図りつつ、効率よく中高層の木造建築の課題解決が望まれるところである。上記は併用構造について書いたが、木材のみを構造材料とする木造建築であっても同様のデータが不足しているのは言うまでもない。

木材は環境が悪ければ数年で腐朽が生じるが、環境さえ整えば、1000 年を超える耐久性を有する。日本は高温多湿の木材にとっては不利な環境にあり、北欧やカナダなど、夏場に乾燥している状況とは大きく異なる。ただ、木造建築は構造部材であっても取り換えが可能であり、法隆寺などの世界遺産に認定されている 1000 年を超える建築物は、定期的な点検と劣化した部材の交換によって維持されてきた。日本独自に構法的に解決すべき課題であるし、例えば、センシング技術によって耐久性を管理する技術の開発や、「取り換える」ということを前提とした構法とそれを容認する社会的環境の整備、なども今後、安心に木造建築を建て、継続的に生活していくうえで重要である。

## 5 提言

大気温室効果ガス濃度の上昇を抑制し、気候変動抑止を実現するためには、森林と木材の吸収源機能を最大限に活用することが必要である。そのためには、森林資源の造成とともに、利用期間の長い建築物への木材利用の両立を図ることが必須である。そのための国の施策が講じられているが、皆伐後に再造林されない人工林の増加や建築用材需要の伸び悩みなど、大きな改善が見られないのが現状である。今世紀半ばでの温室効果ガス排出量の実質ゼロに向け、森林並びに木材の吸収源機能の強化に向け、以下の提言を行う。

- 1) 森林資源造成を推進していくためには、林業の収益性を高める必要があり、森林の機能分類によるゾーニングによって生産性の高い経済林ゾーンの造成を、計画的な路網整備によって進める必要がある。森林全域での航空レーザー測量による微細地形図の整備を進めるとともに、微細地形データを活用した森林の経済性評価手法の確立が必要である。
- 2) 森林資源造成と建築分野での木材利用促進の両立のためには、林業（川上）と木材産業（川下）の連携強化が必須である。連携強化のためには、非住宅の中高層木造建築物需要の喚起等の木材需要の見通しに基づき、現存の森林資源の活用と将来の森林資源造成の方針を共有する必要があり、そのために森林基盤データとしての森林資源モニタリングデータの取得と共有を進める仕組みが必要である。森林は年々成長しているため、定期的なデータ取得が必要であり、航空レーザー測量技術や UAV（ドローン）の活用等による高精度でかつ安価な森林資源モニタリング技術の開発を進める必要がある。
- 3) 日本は、木造建築に関して長い歴史を有する国であるが、中高層木造建築物の建設については、欧米に遅れをとっている。都市における土地面積あたりの木材使用量の増大には、中高層建築物での木材使用量を増やすことが有効であり、木質部材と金属やコンクリートなどの部材を効果的に組み合わせた建築技術の革新が必要である。また木質部材には、自然物であるためのばらつきや燃焼しやすいこと、価格面などでの不利な面がある。建築分野での木材使用量の増大を図るためには、木質部材にあった規格の整備や LCA（Life Cycle Assessment）などの手法を活用して木材の優れた環境性能を客観的に示す指標の提案を積極的に進め、消費行動への働きかけを図る必要がある。

<用語の説明>

- 1) 森林原則声明：1992年6月にブラジルで開催された環境と開発に関する国際連合会議（UNCED）で採択された森林の保護・育成に関する声明で、熱帯林減少等の森林に関する課題を世界各国が協力して解決していくことを目的としている。
- 2) 森林経営管理法：平成31年4月1日に施行された法律で、適切な経営管理が行われていない森林の経営管理を、市町村が仲介役となって、意欲と能力のある林業経営者に集積・集約するとともに、林業対象とならない森林の経営管理を市町村が行うことで、林業の成長産業化と森林の適切な管理の両立を図ることを目的としている。
- 3) 森林環境税・森林環境譲与税：森林環境税は、温室効果ガス排出削減目標の達成や災害防止等を図るための森林整備等に必要な財源を安定的に確保する観点から、個人住民税均等割の枠組みを用いて国税として賦課徴収されるもので、2024年度から施行される。森林環境譲与税は、森林環境税として徴収された税金が、市町村や都道府県に対して、私有林人工林面積、林業就業者数及び人口による客観的な基準で按分して譲与されるもので、森林環境税施行に先行して2019年度から施行されている。
- 4) 路網：一般車両の走行も想定した林道と木材搬出用トラック等の走行を想定した林業専用道、林業機械等の走行を想定した森林作業道を組み合わせた森林内にある道のネットワーク。
- 5) 環境林：水源涵養機能や土砂災害防止機能、生物多様性保全機能などの環境保全機能の発揮を主目的とした森林をいい、木材生産を目的とした森林を経済林という。
- 6) ハーベスター：樹木の伐倒、枝の切り落とし、伐倒した幹の切断、切断した幹（丸太）の集積など、樹木の収穫に必要な作業を1台で行うことができる林業機械
- 7) スウィングヤーダー：バックホーのブームに集材用ウィンチを搭載し、伐採された丸太を簡易な索張り方式によって林地から林道まで集材するための林業機械
- 8) タワーヤーダー：人工支柱と集材用ウィンチを搭載した移動可能な集材機であり、スウィングヤーダーより長距離の集材が可能である。
- 9) Society 5.0：サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会。
- 10) コリドー：緑の回廊ともいい、ヒトの生活圏によって分断された野生生物の生息地をつなぎ、生物の移動を可能にするための緑地帯など。

- 11) タイルポリゴン：緯度経度の座標軸に基づいて区分されたメッシュで表現される区画に、その区画の属性情報を紐付けたもの。
- 12) ESG(Environment, Social, Governance)投資：企業の長期的な成長のためには ESG の 3つの観点が必要であるという考え方にに基づき、投資の意思決定において ESG も考慮に入れる手法を ESG 投資と呼ぶ。
- 13) CSR(Corporate Social Responsibility)：企業の社会的責任。収益を上げたり法令を遵守したりするだけでなく、人権尊重や環境問題への配慮、地域社会への貢献など、企業が市民として果たすべき責任のこと。
- 14) EBM(Evidence Based Management)：経験や主観ではなく、根拠のある科学的データに基づいて管理すること。
- 15) LCA(Life Cycle Assessment)：製品やサービスについて、その原材料調達から、製造・輸送、使用、廃棄・リサイクルなどのライフサイクル全体を通しての環境負荷を定量的に算定する手法のこと。
- 16) CLT(Cross Laminated Timber、直交集成板)：製材挽き板の繊維方向を直交させながら積層接着した大きな板状の木質材料。欧州で開発され、日本でも国産材を有効活用できる材料として様々な技術開発を実施。
- 17) 中高層木造建築：特に明確な定義は無いが、一般的に 4 階建て以上の木造建築を中層、10 階建て程度以上の木造建築を高層と呼ぶことが多い。鉄骨造や鉄筋コンクリート造における定義とは異なる。
- 18) 集成材(Glued Laminated Timber)：製材挽き板または小角材を繊維方向をそろえて接着剤で集成接着して作られた木質材料。断面寸法の大きな材や長大な材を製造することが可能で、住宅だけでなく大型の建築物にも使用される。
- 19) 単板積層材(LVL : Laminated Veneer Lumber)：丸太を桂剥きして得られた単板を、繊維方向を揃えて積層接着した木質材料。集成材と同様に、断面寸法の大きな材や長大な材を作ることが可能。一方、合板は、単板の繊維方向を直交させて製造し、面材として用いる。
- 20) MPP (Mass Plywood Panel、超厚合板)：米国発の新しい木質材料。厚さ 1 inch の合板を複数枚積層接着した大きな板状の木質材料。CLT の代替製品として開発され、今

後の技術開発が期待される。

- 21) 基準強度：材料の単位面積あたりの強度を定めたもの。建築物の構造計算をする場合には、基準強度が定められた材料を使うことが求められる。木質材料に関しても、建築構造材として構造計算に用いる場合には基準強度が必要である。
- 22) 併用構造：材料の特性を活かし、柱梁は鉄筋コンクリート造、壁や床は木造といったように、異なる構造方法を併用して建築物を建てる方法。海外では一般的にみられる方法だが、日本ではあまり一般的ではない。
- 23) あらわし：柱や梁などの構造材をみえる状態で仕上げる手法。

<参考文献>

- [1] 外務省：パリ協定 ([https://www.mofa.go.jp/mofaj/ila/et/page24\\_000810.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ila/et/page24_000810.html))
- [2] 林野庁：平成 21 年度森林・林業白書（平成 22 年 4 月 27 日公表）  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/21hakusho/190411.html>)
- [3] 農林水産省：森林・林業再生プラン ―コンクリート社会から木の社会へ―（2009 年 12 月 25 日）(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/pdf/saisei-plan-honbun.pdf>)
- [4] 林野庁：平成 28 年度森林・林業白書（平成 29 年 5 月 26 日公表）  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/28hakusyo/index.html>)
- [5] 日本学術会議農学委員会林学分科会：報告「持続可能な林業・林産業の構築に向けた課題と対策」(<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h170929-3.pdf>)
- [6] 農林水産省：木材需給表 ([https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai\\_zyukyu/](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai_zyukyu/))
- [7] 林野庁：森林資源の現況（平成 29 年 3 月 31 日現在）  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/index.html>)
- [8] 林野庁：森林・林業基本計画（平成 28 年 5 月 24 日閣議決定）  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/attach/pdf/index-2.pdf>)
- [9] 小林謙介、若林國久：建築における環境面からの木材の有効利活用に関する研究 全国及び広島県の動態分析、日本建築学会環境系論文集、No.720 pp.255-261、2016.02
- [10] 小林謙介、若林國久、藤津浩輝、谷口沙也佳：森林資源の利活用に関わる建築分野での環境負荷削減策に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 84 号、pp.1019-1027、2019.1
- [11] 林野庁：公共建築物等木材利用促進法 ([rinya.maff.go.jp/j/riyou/koukyou/top.html](http://rinya.maff.go.jp/j/riyou/koukyou/top.html))
- [12] 国土交通省：建築着工調査報告 ([www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku\\_list.html](http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jutaku_list.html))
- [13] THINK WOOD：Brock Commons Tallwood House (<https://www.thinkwood.com/our-projects/brock-commons-tallwood-house>)
- [14] 林野庁：平成 29 年度森林・林業白書（平成 30 年 6 月 1 日公表）  
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo/index.html>)
- [15] 青木謙治：第 2 編第 1 章第 1 節 複合接着による高強度化、新世代 木材・木質材料と木造建築技術、NTS、p.57-62、2017
- [16] 青木謙治：新しい木質材料”MPP”の可能性、木材情報、342、p.1-4、2019
- [17] 国土交通省：総合技術開発プロジェクト  
(<https://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/soupro.html>)

<参考資料>

参考資料1：審議経過

平成30年2月13日 第1回分科会

- ・委員長、副委員長、幹事を選出し、24期における活動方針を検討した。

平成30年6月14日 第2回分科会

- ・シンポジウムのテーマについて審議した。

平成30年12月10日 第3回分科会

- ・シンポジウムテーマを「林業と建築における木材利用」とし、平成31年度に開催することとを決定した。

令和元年9月30日 第4回分科会

- ・提言のとりまとめ方針について審議した。

令和2年〇月〇日 日本学術会議幹事会（第 〇 回）

- ・林学分科会の提言「地球温暖化対策としての建築分野での木材利用の促進」について承認

## 参考資料2：林業と建築における木材利用シンポジウム

### 1. シンポジウム開催趣旨

戦後植林した日本の人工林は収穫期を迎えている。利用可能な木材資源は利用し、さらに植林といった循環が重要であり、利用先の主たる建築分野においては、「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」や、近年の防火規定関係の緩和などの法令改正により、木材利用のしやすい環境への整備を進めている。これらの環境整備は、政治主導だが、背景には学術的な検討があり、その結果としての政策でもある。

また、古い体質であった国産材の利用に関連する分野、例えば林業、製材業、建設業も転換を迫られており、地方創生や産業創出ということばで、新たな展開が図られている。これらの展開は日本の独自の問題、特異性というわけではなく、海外においても同様に法令改正が進められ、さらに各産業でAIなどを利用した革新が図られている。

本シンポジウムでは、木材利用を取り巻く、環境の現状を整理するとともに今後の課題を整理し、木材利用の国策と今後の学術活動のあり方について議論する場としたい。

### 2. シンポジウムまとめ

本シンポジウムでは、まず鮫島先生からは資源的な課題、つまり林政、木材生産や流通、人工林問題など林業・木材利用全般にわたる現状と課題を紹介いただいた。青木先生、貞広先生には、材料と設計の立場から技術的課題を、そして、五十田先生からは世界の木造建築が環境配慮、技術革新により大型化、高層化している現状を紹介いただきました。

いずれの講師も、生産コストなどの経済的課題に加え、社会や市民への広報、法令・仕組みの規制緩和など、社会的課題について指摘があった。

今後の展望として、非住宅、中高大規模建築物への木材利用が強調されたが、解決策として鉄骨や鉄筋コンクリートとの併用により、技術的・経済的課題を乗り越えるのが合理的であり、「適材適所」が重要である。

本シンポジウムでは、建築（川下）側からみた林業・木材産業の問題が多く指摘され、課題や今後の方向性が明確になった。

# 林業と建築における木材利用

－川上から川下までの現状と課題－

日本の人工林は収穫期を迎えている。主たる木材利用先の建築分野においては、法令改正により木材利用のしやすい環境への整備が進んでいる。林業、製材業、建設業は地方創生や産業創出に向けた新たな展開が求められている。本シンポジウムでは、木材利用を取り巻く環境の現状と課題を整理するとともに、木材利用の国策と今後の学術活動のあり方について議論する場としたい。

開催日時：

令和元年9月30(月)

13:00～17:00

開催場所：

日本学術会議 講堂

(東京都港区六本木7-22-34)

主催：

日本学術会議  
農学委員会林学分科会

後援：

(一社)日本木材学会  
(一社)日本森林学会

参加費：

無料(事前申込不要)

講演：

森林・林業・木材利用の現状と課題

鮫島 正浩 (日本学術会議連携会員、信州大学工学部教授)

中層大規模時代の木材利用、品質確保

青木 謙治 (東京大学大学院農学生命科学研究科准教授)

海外の中高大規模建築物と日本における課題

五十田 博 (日本学術会議連携特任連携会員、京都大学生存圏研究所教授)

実務からみた中高層建築物の可能性と木材利用の課題

貞広 修 (日本建築構造技術者協会木質系部会主査、清水建設第十本部上席設計長)

総合討論：

今後の建築分野での木材利用に向けて

モデレータ 杉山 淳司 (日本学術会議連携会員、京都大学生存圏研究所教授)

丹下 健 (日本学術会議会員、東京大学) E-mail tange@fr.a.u-tokyo.ac.jp  
五十田 博 (日本学術会議特任連携会員、京都大学) E-mail hisoda@rish.kyoto-u.ac.jp

問い合わせ先

## 提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです<sup>1</sup>。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目を1～11をチェックし、さらに英文タイトル（必須）、英文アブストラクト（任意）、SDGs との関連の有無（任意）を記載し、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

記入者（委員会等名・氏名）：農学委員会林学分科会・丹下 健

和文タイトル 地球温暖化対策としての建築分野での木材利用の促進

英文タイトル（ネイティヴ・チェックを受けてください）

Promotion of wood utilization in architecture as a countermeasure against global warming

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	○1. はい 2. いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	○1. はい 2. いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定していますか（例：文部科学省研究振興局等）。	○1. 部局名：国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室、林野庁林政部木材産業課・木材利用課、文部科学省研究振興局 2. いいえ
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。※図表を含む	○1. はい 2. いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	○1. はい 2. いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり	○1. はい

<sup>1</sup> 参考：日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014 年 5 月 30 日）。

<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/1>

	2 ページ (A4、フォント 12P、40 字×38 行) 以内である。	2. いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載した。	○1. はい 2. いいえ
8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」(出典を示さないで引用を行うこと) や、内容をゆがめた引用等は行わず、適切な引用を行った。	○1. はい 2. いいえ
9. 既出の提言等との関係	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開している。	○1. はい 2. いいえ
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	○1. はい 2. いいえ
11. 委員会等の趣旨整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	○1. はい 2. いいえ

※9で「はい」を記入した場合、その提言等のタイトルと発出委員会・年月日、既出の提言等との関係、相違点等について概要をお書きください

報告「持続可能な林業・林産業の構築に向けた課題と対策」・農学委員会林学分科会・2017年9月29日

既出の報告では、林業・林産業の現状と課題、木材利用拡大に向けた新たな取り組みについてとりまとめた。本提言では、その中で地球温暖化対策としての建築分野での木材利用を加速度的に促進するために必要な環境整備について提言を行った。

※チェック欄で「いいえ」を選択した場合、その理由があればお書きください

#### ◎ SDGs (持続可能な開発目標) との関連 (任意)

以下の17の目標のうち、提出する提言等(案)が関連するものに○をつけてください(複数可)。提言等公表後、学術会議HP上「SDGsと学術会議」コーナーで紹介します。

1. ( ) 貧困をなくそう
2. ( ) 飢餓をゼロに
3. ( ) すべての人に保健と福祉を
4. ( ) 質の高い教育をみんなに
5. ( ) ジェンダー平等を実現しよう
6. ( ) 安全な水とトイレを世界中に
7. ( ) エネルギーをみんなに、そしてクリーンに
8. ( ) 働きがいも経済成長も
9. (○) 産業と技術革新の基盤をつくろう
10. ( ) 人や国の不平等をなくそう
11. (○) 住み続けられるまちづくりを
12. (○) つくる責任つかう責任
13. (○) 気候変動に具体的な対策を
14. ( ) 海の豊かさを守ろう

15.  陸の豊かさも守ろう
16.  平和と公正をすべての人に
17.  パートナリシップで目標を達成しよう

※「持続可能な開発目標（SDGs）」とは

2015年9月に国連総会が決議した「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ」が掲げた目標。

詳細は国連広報センターHPをご覧ください。

[http://www.unic.or.jp/activities/economic\\_social\\_development/sustainable\\_development/2030agenda/](http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/)

## 提言等公表時のSDGs説明

この説明は、日本学術会議の意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）を日本学術会議ホームページのSDGsコーナーで紹介し、多くの関係者の閲読を促進するためのものです。

提言提出時のチェックシートにおいてSDGsとの関連に記述した場合は、日本語紹介文と英文アブストラクトを記載し、提出してください。

記入者（委員会等名・氏名）：農学委員会林学分科会・丹下 健

和文タイトル 地球温暖化対策としての建築分野での木材利用の促進

◎ SDGs（持続可能な開発目標）との関連

チェックシートで選択した項目に○をつけてください。

1.  貧困
2.  飢餓
3.  健康
4.  教育
5.  ジェンダー平等
6.  安全な水
7.  エネルギー
8.  経済成長
9.  産業と技術革新
10.  不平等
11.  まちづくり
12.  つくるつかう責任
13.  気候変動
14.  海の豊かさ
15.  陸の豊かさ
16.  平和と公正
17.  パートナリシップ

◎ 和文紹介文 200字以内

中高層建築物の木造率を高めることは、都市の炭素吸収源機能を高めるものであり、地球温暖化対策として実施可能な選択肢である。その実現のために、持続可能な森林資源管理の基盤整備とともに、中高層建築物に適した木質構造部材の開発と規格制度整備や建築技術の革新、木材の優れた環境性能を客観的に示す指標の提案を積極的に進め、消費行動への働きかけを図る必要性を提言した。

◎ 英文アブストラクト 150 words 以内

Enhancing carbon sinks of forests and urban areas is one of the viable options to achieve the Paris Agreement. Promotion of wood use in the mid to high-rise wooden buildings can enhance the carbon sinks in urban areas. In order to accelerate the use of wood in architecture, we firstly recommended the necessity to promote sustainable

and sound forestry development by ensuring the adequate supply and use of wood, which depended on close cooperation between forestry and forest products industry by sharing forest resource information. Furthermore we recommended the necessity to develop wooden structural materials suitable for mid to high-rise wooden buildings and their standard certification system, innovative construction technology, and to introduce the environmental load evaluation index suitable for wood materials.

◎ キャッチフレーズ 20字以内

中高層木造建築を促進し都市を炭素吸収源に

◎ キーワード 5つ程度

炭素吸収源、中高層木造建築、木質構造部材、環境負荷評価、持続的森林資源管理