

Circular Timber Construction Report

- 木を「多く」「長く」使うための木造化戦略と量的分析 -

小見山陽介（京都大学）

伊藤翔 / 高山峻 / 太田真理（大林組木造・木質推進部）

2023.03

目次

- **Chapter 0** : 「サーキュラー・ティンバー・コンストラクション」が創出する価値と課題
- **Chapter 1** : 川上の分析 - 山側として供給したい森林資源 -
- **Chapter 2** : 川上と川下の関係性の分析 - 需要と供給の量的整合性 -
- **Chapter 3** : 川下の分析 - 中高層建築で必要な木材の材料特性 -
- **Chapter 4** : 木材をめぐる流通構造の立地的課題 - 資源の加工と分配の合理化 -
- **座談会** : 山崎真理子先生 (名古屋大学)
後藤豊先生 (チャルマース工科大学 / 東北大学) に訊く
- **Chapter 5** : 結 - 社会的な課題と建設業の目標 -

Chapter 0

「サーキュラー・ティンバー・コンストラクション」が創出する価値と課題

0.1 サーキュラー・ティンバー・コンストラクション

社会を持続可能なものとするためには、資源を持続生産可能なものとする事と、生産された資源を無駄なく利用・再利用することの両方が必要である。

日本において最も豊かな資源の1つである森林資源を建材として建設分野で用いるにあたり、加工のしやすさと一定の強度を併せ持つ木材の素材特性は、持続生産と高効率利用への高いポテンシャルである。木材の生産を担う林業から始まり、木材を効果的に利用する工夫を製材業や建設業が担い、さらに、リサイクルのマーケットも成熟すれば、より効率的な材料利用が促される。「持続性」は生産から消費まですべてのフェーズが経済的にも潤うことで、初めて成立する。そこで、日本の豊かな森林資源が持つ環境的価値を「木材」という物的資源としても最大限活用するべく、「建設」を切り口に経済的な循環を促し、ひいては森林と社会の持続性にも寄与する構想を、近年叫ばれる循環型建設の木造版として「サーキュラー・ティンバー・コンストラクション」とわれわれは名付けた。

0.2 資源と資本で循環する構図

社会における木材の生産と流通はしばしば川に例えられ、起点となる林業は「川上」、素材として加工する製材業は「川中」、材料として消費する建設業等は「川下」と呼称される。ここではまず循環を、川上から川下へ資源が流れ、川下から川上へと資本が巡る状況が継続することとして考える。

近年の川下では、以下3点を背景に木材マーケットへの資本流入が始まっている。

1. ESG投資の拡大
→木材使用量の増加
2. 中大規模木造建築の増加
→大断面集成材需要の増加
3. 海外資源の高騰
→国産材需要の増加

上記が継続されれば、次は川中にて以下3点のような事業拡大と雇用創出が予想される。

1. 木材供給量の拡大
→処理能力と歩留向上の設備投資
2. 付加価値の高い大断面集成材の増産
→新たな加工機械の導入
3. 供給経路の合理化
→あるべき工場立地の開拓



図 0.1：サーキュラー・ティンバー・コンストラクション基本構図

Chapter 0

川中の活動が盛んになれば、最終的に川上へと資本が還元され、以下3点のように事業としての林業健全化と国土保全へと繋がる。

1. 原木供給量の拡大
→投資拡大と雇用創出
2. 再造林の実行
→CO2 固定と国土保全
3. 植林樹種の再編
→需要と生態系見据えた植林

上述の連鎖が、まず目下達成すべきサーキュラー・ティンバー・コンストラクションにおける資源と資本の基本フローである。

0.3 循環に向けた課題と経済的な可能性

前項で示した連鎖はサーキュラー・ティンバー・コンストラクションの基本構図ではあるが、これを実現するため、そしてさらなる循環を生み出すためには川上、川中、川下のそれぞれに課題がある。まず川上は主に以下の2点が挙げられる。

1. 再造林は30年以上先の将来への投資であり、川上・川中の長期ビジョン無くして行えない
2. 現状の人工林は主に杉だが、高強度用で杉以外の樹種も戦略的に分析した植樹が必要

次に川中は、長期に渡って戸建住宅が主なマーケットだったことと、輸入材を多く取り扱ってきたため以下の2点が課題と言える。

1. 長期的に需要を見込める大断面集成材の見きわめ
2. 山地から都市への合理的な供給経路に対応した生産・加工工場立地の模索

特に、この2点目は前向きに検証すべきである。川上は森林地、川下は都市部と必然的に場所が固定されるが、川中の地点は比較的自由度があり、供給経路の合理化は川上でも川下でもなく川中が担える可能性を秘めているからである。

最後に川下においては、木材の積極的な活用は近年広がりつつあるものの、建築解体後に建材のリユース・リサイクルを行うマーケットが無いことや、再利用資材のストックヤードが無いことが、木材における炭素固定期間を長くするという点においては現状の課題である。それらは資源の長期利用と言う観点で重要であるだけでなく、新たなマーケットとしても経済的価値を持ちうる場でもある。それが川下を超えた「川下の先」として1つの事業分野にもなり得たとき、サーキュラー・ティンバー・コンストラクションを資本と資源の健全なフローだけでなく、資源自体が循環利用されるスキームの構築としても実現することができるだろう。

以上が川上から川下までの課題と可能性であり、サーキュラー・ティンバー・コンストラクションの意義である。



図 0.2：サーキュラー・ティンバー・コンストラクションにおける資源と資本の基本フロー

Chapter 1

川上の分析 - 山側として供給したい森林資源 -

1.1 日本の森林蓄積状況

国際連合食糧農業機関（FAO）の「世界森林資源評価 2020（FRA2020）」によると、日本の国土面積の68.4%（約2,500万ha）は森林であり、この比率は先進国（OECD加盟国）ではフィンランドの73.7%（約2,200万ha）、スウェーデンの68.7%（約2,800万ha）に次ぐ値である。なお、この2500万haのうち、林野庁の調査によれば、図1.1で示されるように人工林が約1000万ha、天然林が約1500万haとなっている。

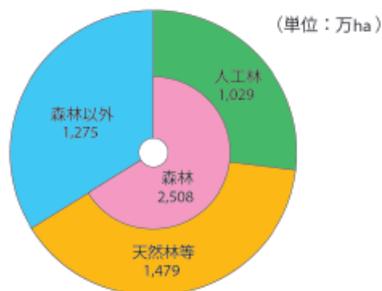


図 1.1：国土面積と森林面積の内訳

実は、この2500万haという面積は、1960年代から現在に至るまでおよそ一定である。しかし、森林蓄積量は、伐採や植林による増減はあるものの、全体的には樹木が成長しているため50年以上にわたり増加している。図1.2で示すように、1966年に18.9億m³だった森林蓄積量は、2017年に52.4億m³と見積もられ、その増分を大きく担うのは人工林である。

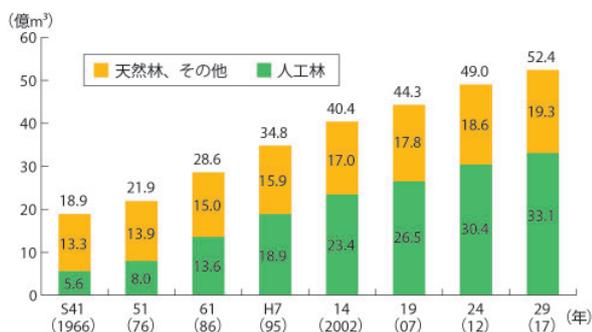


図 1.2_ 森林蓄積量の推移

また、人工林の主要樹種の面積構成比は、スギが44%、ヒノキが25%、カラマツが10%、マツ類（アカマツ、クロマツ、リュウキュウマツ）が8%、トドマツが8%、広葉樹が3%となっている（注1）。面積的にもスギが半分となるが、成長速度からしても、上記森林蓄積量の過半が人工林であり、その半分以上をスギが担っているということとなる。

1.2 老齢化が進む日本の森林

図1.3は、樹齢が明らかである人工林について、年齢階級（樹齢を5年で1単位としたもので、例えば、10年齢階級は51～55年生）ごとにその面積を分類した表である。図に示すように、50年生以上がちょうど50%を占めていることが分かる。人工林で植樹される樹種は多くが杉で、その生育速度は地域によっても異なるが、およそ30～50年（7～9年齢階級）で木材として伐採出来る程度に育つ。つまり、人工林面積の約70～80%が用材として伐採し得る状態に達していることになる。

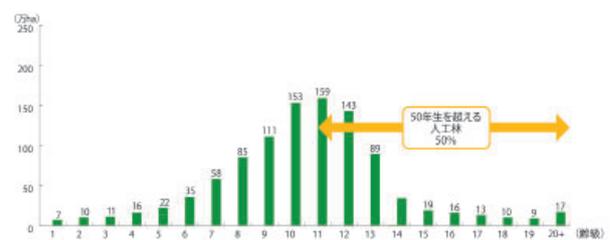


図 1.3_ 人工林の年齢構成（2017年）

日本には恵まれた森林資源があり、この50年間で、森林蓄積量、すなわち森における木材量は増大し続けている。これ自体は大変よいことのようにも思えるが、十分に育って建材として使えるはずの木が切られずに森に残されているとも言える。これは、単にもったいないというだけではない。図1.4に示すのは、林齢ごとのCO₂吸収量を樹種別に示したグラフで、このグラフから分かるように、人工林の多くを構成する杉は、30～50年生に掛けて急速にCO₂吸収量が衰えていくことが分かる。この傾向は針葉樹に強いが、特に杉は顕著であり、カーボンオフセットのための森林という観点では、40年を超えた杉は伐採利用して新たに植林することで若返らせることが有効である。

以上より、日本の森林蓄積量の多くを担う人工林のスギは少なくとも半数以上が用材としてもCO₂吸収能力という観点からも伐採する時期に差し掛かっており、いわば、老齢化が進んだ状態である。

Chapter 1

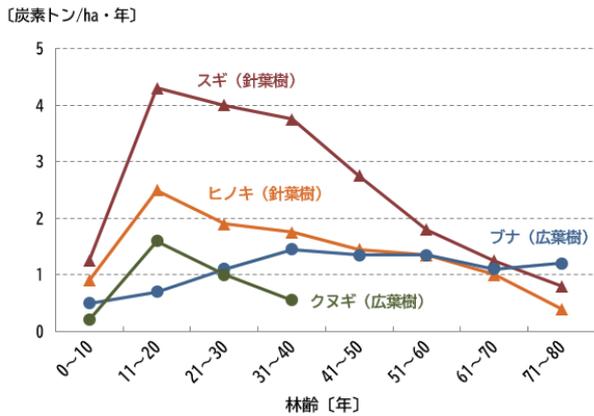


図 1.4_ 樹種別・林齢別炭素吸収量

用途区分	総需要量					国産材利用量				
	平成26年 (実績)	令和元年 (実績)	令和2年 (見直し)	令和7年 (見直し)	令和12年 (見直し)	平成26年 (実績)	令和元年 (実績)	令和2年 (目標)	令和7年 (目標)	令和12年 (目標)
建築用材等 計	40	38	—	40	41	16	18	—	25	26
製材用材	28	28	28	29	30	12	13	15	17	19
合板用材	11	10	11	11	11	3	5	5	7	7
非建築用材等 計	36	44	—	47	47	8	13	—	15	16
パルプチップ用材	32	32	31	30	29	5	5	5	5	5
燃料材	3	10	7	15	16	2	7	6	8	9
その他	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2
合計	76	82	79	87	87	24	31	32	40	42

図 1.5_2016 年策定の国産材利用量の目標と実績 (2020 年時点)

1.3 森林の用材利用方針

前項までのような状況を考慮し、「林業の成長産業化と森林資源の適切な管理」を実現するため、林野庁は「森林・林業改革の推進について」(2018 年 4 月)で、木造建築物の需要増大シナリオを元に今後 10 年間の国産材利用の拡大目標を定量的に掲げている。

また令和 3 (2021) 年度の森林・林業白書では図 1.5 で示されるように、令和 12 年 (2030 年) の建築用材等の国産材利用量として、丸太材積換算で 2,600 万 m^3 が目標として示された。すなわち、令和元年 (2019 年) の 1,800 万 m^3 から 1.4 倍、800 万 m^3 の増が目指されている。

この値がいかなる物量なのか、そして建設業界としてその目標値は対応可能なのか、どのような課題があるのかを次章以降で明らかにしていく。なお、「森林・林業改革の推進について」では 2015 年比で 1,000 万 m^3 の拡大が目標されているが、より新しい令和 3 年度森林・林業白書では 2019 年比で 800 万 m^3 の増が目標されているため数値が異なる。本報告書では定量的には後者の目標値 800 万 m^3 について検討し、その内訳として前者の需要増大シナリオを参照することとする。

【出典】

注 1：令和元年度森林・林業白書 P54

図 1.1：平成 29 年度森林・林業白書 P14 資料 I-1

図 1.2：令和 3 年度森林・林業白書 P54 資料 I-2

図 1.3：令和 3 年度森林・林業白書 P54 資料 I-1

図 1.4：森林・林業学習館「長野県地域森林計画主要樹種林分材積表に基づく試算」によるグラフ

https://www.shinrinringyou.com/ondanka_boushi/tanso_kyusyu.php

図 1.5：令和 3 年度森林・林業白書 P20 資料特 2-5

Chapter 2

川上と川下の関係性の分析 - 需要と供給の量的整合性 -

2.1 国産材利用拡大シナリオ①

低層住宅の木材自給率の向上

期待される800万㎡の利用拡大量（注2）が意味するものを、ふたつの需要増大シナリオに沿って推定し、川下（国内建築市場）における現在の状況との量的整合性を分析する（図2.1）。

まず1つ目のシナリオは、既存木造市場における国内自給率の向上である。今後、1階～3階の低層木造住宅の供給量は減少していく見込みであり、この市場において需要を増やすためには、木材供給の国内自給率を上げるしかない。ウッドショック前の2018年における国内自給率は約45%であるが、「森林・林業改革の推進について」では10年間で2/3（約67%）まで国内自給率を高めることを試算の前提としている（注3）。

既存の低層木造住宅市場において国内自給率が向上することによる効果は、シナリオでは全需要拡大量の30%（注2）を占めると見込まれており、800万㎡増のうち約240万㎡が低層住宅における国産材需要拡大に期待されていると言える。

2.2 国産材利用拡大シナリオ②-A

低層非住宅の新規国産材需要の創出

2つ目のシナリオは、現状RC造や鉄骨造で供給されている建築を木造化することで、新たな新規木材需要を生み出すことである。

まず、木造化が期待されるボリュームゾーンとして、1階～3階の低層非住宅が挙げられる。現在の低層非住宅の木造率約10%を、10年間で60%まで高めることで、全需要拡大量の30%が達成されるとシナリオは試算している。これは800万㎡のうち約240万㎡に相当する（注2）。この木造率を50%増やす、すなわち新たに建設される低層非住宅の2棟に1棟を新たに木造化する必要があるとの試算は、国内自給率70%、歩留り率50%、平均材積率0.2㎡/㎡との前提に基づく。なお一般的に在来工法の木造住宅で材積率が0.2㎡/㎡と言われていることから、低層非住宅を純木造相当で木造化することを意味する（図2.2）。

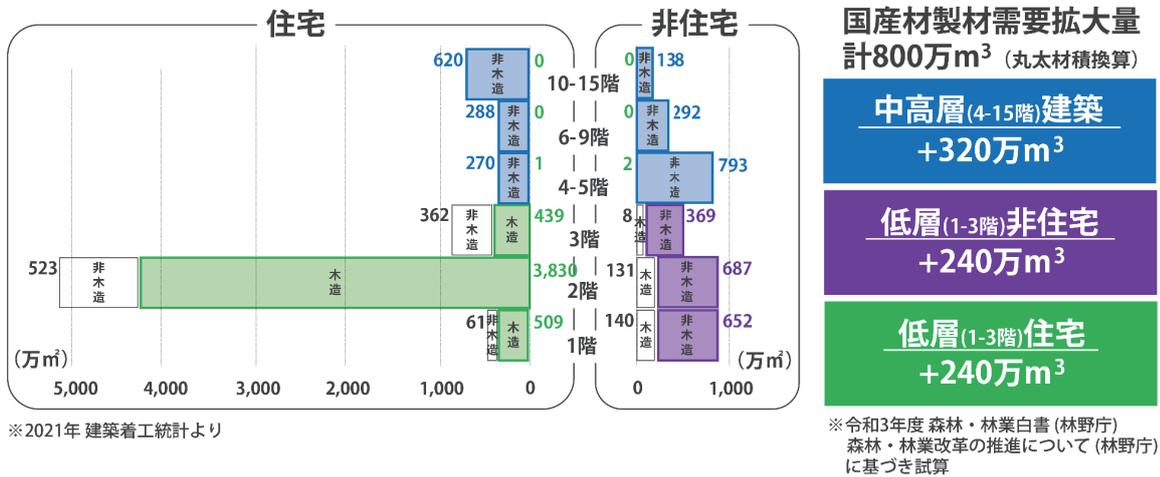


図 2.1：国産材利用拡大（+ 800 万㎡）のための利用用途・規模の内訳

	木材需要拡大量 (丸太材積)	歩留り率	国産材比率	平均材積率	対象市場規模 (2021年)	必要木造化率
1~3階 低層非住宅	+240万㎡ ³ ※1	50% ※1	70% ※1	0.2 ㎡ ³ /㎡ ² ※1	1,700万㎡ ² ※2	約50% ※3

※1：森林・林業改革の推進について(林野庁)に基づく想定値

※2：2021年 建築着工統計より

※3：必要木造化率 X = 木材需要量(丸太材積)240万㎡³ × 歩留り率50% ÷ 国産材率70% ÷ 平均材積率0.2㎡³/㎡² ÷ 対象市場規模1700万㎡²

図 2.2：低層非住宅の新規国産材需要

材積率 $0.2\text{m}^3/\text{m}^2$ 以上での木造化の推進が求められるが、そのためには、鉄筋コンクリート造や鉄骨造などの在来他工法に対して競争力のある工法としての木造が必要となる。鉄骨造同等のロングスパンが実現できる工法や、ローコストで木造化を実現する工法が今後求められる。大林組の取り組みで例示するなら、二次接着をしないつづり材による大断面木構造材「オメガウッド」の開発や、それを利用した低層非住宅の木造化事例「眞栄熊野作業所」(図 2.3) がある。また、より効率的に木材資源を活用するために、歩留り向上や長寿命化の観点も必要である。



図 2.3：低層非住宅の木造化事例

2.3 国産材利用拡大シナリオ②-B

中高層建築の新規国産材需要の創出

現在ほとんど木造化されていない 4~15 階の中高層建築も、木造化が期待される市場である。中高層建築は、低層非住宅に比べて木造化のハードルが高くなる一方で、手法さえ確立されれば、より多くの木材需要拡大につながるという側面がある。

10 年間で中高層建築の 25% を木造化することで、全需要拡大量の 40% が達成されることを、「森林・林業改革の推進について」は期待している。800 万 m^3 の目標値に換算すると、約 320 万 m^3 の国産材利用拡大が見込まれていることとなる (注 2)。この中高層建築の 4 棟に 1 棟を木造化するシナリオでは、平均材積率 $0.4\text{m}^3/\text{m}^2$ で木造化を推進することが前提になっている (図 2.4)。

	木材需要拡大量 (丸太材積)	歩留り率	国産材比率	平均材積率	対象市場規模 (2021年)	必要木造化率
4~15階 中高層建築	+320万 m^3 ※1	50% ※1	70% ※1	0.4 m^3/m^2 ※1	2,400万 m^2 ※2	約25% ※3

※1：森林・林業改革の推進について(林野庁)に基づく想定値

※2：2021年 建築着工統計より

※3：必要木造化率 X = 木材需要量(丸太材積)320万 m^3 × 歩留り率50% ÷ 国産材率70% ÷ 平均材積率0.4 m^3/m^2 ÷ 対象市場規模2400万 m^2

図 2.4：中高層建築の新規国産材需要

$0.4\text{m}^3/\text{m}^2$ は在来、工法木造住宅の 2 倍の木材使用量を意味しているが、現状の中高層建築の木造化事例は材積率 $0.1\text{m}^3/\text{m}^2$ 未満のものが大半を占めるため、シナリオとは定量的な不整合が生じている。この高い材積率を達成するならば、床や壁などの面材として木材使用量が大きい CLT 等の厚板材料を使用し、材積の大きさを断熱性や工場加工性として有効活用する手法の確立が必要不可欠であろう。たとえば、木材資料量の増大を省力化/ローコスト化の追求と共に目指した CLT ユニット工法による「大林組新梅田寮」(図 2.5) などその取り組みのひとつである。



図 2.5：中高層建築の木造化事例 1

また、大林組による「Port Plus」(図 2.6) では、3 時間耐火木柱/梁「オメガウッド(耐火)」や高耐力木柱/梁接合部「剛接合仕口ユニット」によって日本初の高層純木造耐火建築物を実現しているが、純木造であることが徹底された結果が非常に高い材積率として現れている。このようにひとつの建物内で「多く」木材を使うことがひとつの方法である。また鉄骨造や鉄筋コンクリート造同等の耐用年数の木造建築が可能となること、建築に木材を使用し炭素を固定する期間を「長く」することにも繋がると言える。

同時に、より「多く」の建物で部分的にでも木材を使う、使用材料割合ベースでの考え方も必要になるだろう。非木造の建築も部分木質化しなくては追いつかないとすれば、たとえば「タマディック名古屋ビル」(図 2.7) のように、型枠を兼ねた木材の厚板を鉄筋コンクリートと構造的にハイブリッドするような試みも同時に進められるべきであろう。



「Port Plus」
 ■用途：研修所
 ■延べ面積：約3,500㎡
 ■階数：11階建て
 ■構造：純木造
 ■材積率：0.57㎡/㎡
 ■木材使用量：1,990㎡

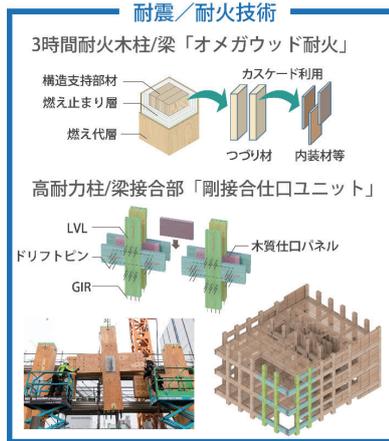


図 2.6：中高層建築の木造化事例 2



「タマディック名古屋ビル」
 ■用途：事務所
 ■延べ面積：約3,800㎡
 ■階数：6階建て
 ■構造：木質化
 ■材積率：0.15㎡/㎡
 ■木材使用量：560㎡

図 2.7：中高層建築の木造化事例 3

2.4 木造化市場での材積率分析

ここまで分析してきた、林野庁が期待する、建築市場での新たな新規木材需要拡大に対し、現在までに建設され木造建築で使用されている木材量との整合性を分析する。

近年の、先進性のある純木造およびハイブリッド木造事例 210 件（※）を抽出し、階数と材積率（ m^3/m^2 ）の関係を図 2.8 に示した。低層（1~3 階）においては、純木造が多くみられ、林野庁が想定する平均材積率 $0.20\text{m}^3/\text{m}^2$ での木造化は十分可能であると考えられる。一方で、中高層（4 階以上）においては、平均材積率 $0.40\text{m}^3/\text{m}^2$ を超える事例は、純木造である PortPlus しかなく、ハイブリッド木造の材積率も低層に比べると小さくなる傾向にある。

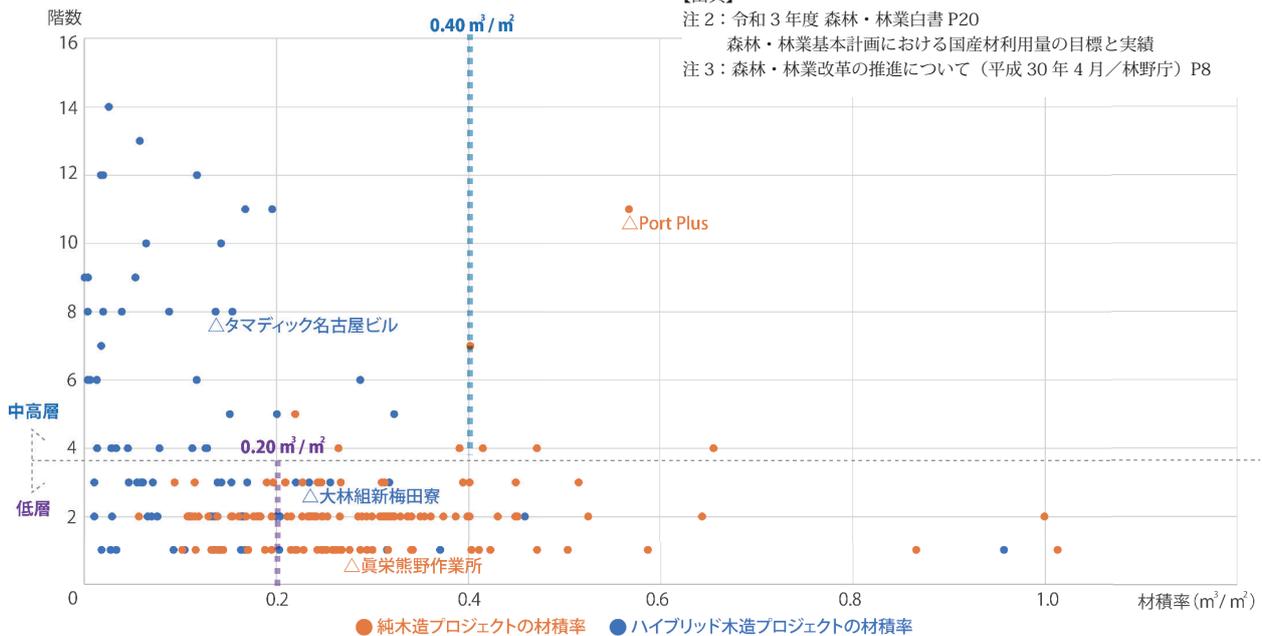
「森林・林業改革の推進について」の、需要増大シナリオが前提とする $0.40\text{m}^3/\text{m}^2$ の材積率は、容易には達成できないものであることがわかる。その実現には、材積率の高い純木造・ハイブリッド木造がコスト面でも成立するような状況をつくるのが課題であり、サプライチェーン面や、「耐火」「耐震」等の技術面から、木材を「多く」使うことを価値に転換するプレイクスルーが不可欠である。

【出典】

注 2：令和 3 年度 森林・林業白書 P20

森林・林業基本計画における国産材利用量の目標と実績

注 3：森林・林業改革の推進について（平成 30 年 4 月/林野庁）P8



※分析対象：①「中大規模木造建築データベース」で木材使用量が公開されているプロジェクト
 ②サステナブル建築物等先導事業（木造先導型）過去採択建築物類型調査報告書で木材使用量が公開されているプロジェクト
 ③CLT実証事業事例報告書で木材使用量が公開されているプロジェクト

図 2.8. 近年の木造事例における階数と材積率の関係

Chapter 2

川下の分析 - 中高層建築で必要な木材の材料特性 -

3.1 中高層建築で必要な高強度木材の種類

国産材利用の拡大に向けて、中高層・大規模木造建築が推進されるなかで必要となる木材の樹種や強度について、エンジニアードウッド製造メーカーへのヒアリングや、純木造高層耐火建築物の事例 PortPlus から分析する。

日本の建築基準法の耐震基準を満たすためには、中高層建築（4階建て以上）の構造体に使用する木材は強度等級 E120 以上（E: ヤング係数）の高強度木材が求められる。木材で高強度を実現するためには、強度特性や等級などによって性能を評価され、寸法安定性が高いエンジニアードウッド（集成材、CLT、LVL など）が必要となる。エンジニアードウッドは、原材料となる木の樹種、産地による選定、さらに、一次加工の製材の強度試験などによる振り分け、二次加工にて強度を確保する。

一般的に、E120 以上を供給可能な国内の樹種は、長野以北のカラマツなどマツ系の樹種となる。これを軸組材料として製造すれば、中高層建築では柱・梁に用いることができる。また、日本の森林蓄積量の多くを占めるスギは、平均で E70 程度となり、中高層建築の柱・梁には強度が足りない。そのため、面材の CLT として製造し、中高層建築の壁、床に用いることが適材適所となる（図 3.1）。

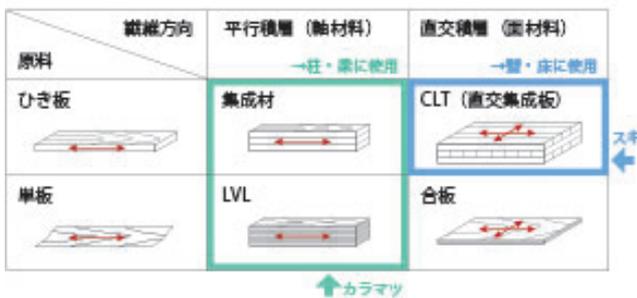


図 3.1_ エンジニアードウッド種別

3.2 高強度木材の樹種と強度出現率

2章で、中高層非住宅において約 320 万 m³ の国産材利用拡大が期待されていることを述べたが、実際のところ、日本で供給可能な高強度木材の樹種や産地の条件は限られる。需要拡大に向けては、自然素材である木の条件を把握し、より適切な木材強度で設計することが重要になる。そのため、CLT、LVL、集成材の製造

メーカーに木材の樹種や強度出現率についてヒアリングを行った。

木材の強度出現率は、図 3.2 の通りで、カラマツは E120 以上（E: 曲げヤング係数）が 8 割を越えることがわかった。ヒノキは L100 以上が 3/4 を越え、スギは L80 以上が 1/2 の出現率（L: ラミナの曲げヤング係数）となる（カラマツは単板時の、スギ、ヒノキはラミナ（挽き板）の曲げヤング係数を示す）。

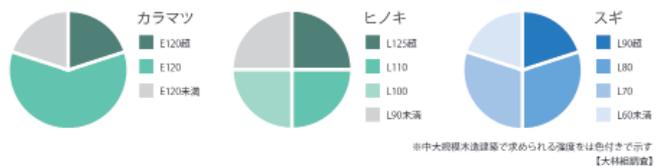


図 3.2_ 樹種別木材強度出現率

3.3 PORT PLUS 大林組横浜研修所の分析

上記ヒアリングに基づく木材の強度出現率と 11 階建高層純木造建築である PortPlus の木材の部位・樹種・強度を比較し、設計強度の設定は適切であったかを確認する。PortPlus で使用した木材は下記である。

- ・柱・大梁
 - LVL
 - 国産カラマツ及びロシア産ダフリカカラマツ
 - E120、E100、E90
- ・小梁
 - LVL 及び集成材
 - 国産カラマツ
 - E120
- ・床、壁
 - CLT
 - スギ
 - 異等級構成 Mx60

柱、梁の LVL については、カラマツ E120 以上は 8 割を占めることから、強度設計は概ね適切であったといえる。床、耐震壁の CLT については、スギの出現強度の下限値である L60 以上のひき板で製造されており、偏りなく使用できていたことが確かめられた。

3.4 中高層建築における設計強度の設定

ヒアリングから、中高層建築の柱・梁には、E120を最大として設計することで、カラマツの8割以上を使用できる。高層化する際に、木造建築では単純にE130,E140と設計強度をあげることにはできず、断面寸法が大きくなると念頭に置いておかなければならない。ヒノキは、L110以上で5割程度の強度出現発現率があることから、カラマツに集中している柱・梁材の代替材になり得る選択肢になり得る。ヒノキの集成材やCLTは一般的だが、ヒノキのLVLは製造工場が少ないことや、L110～125程度というカラマツより少し弱いヒノキの強度条件で設計を行うことによる制約などの課題がある。

床・壁には、第一にスギCLT、より高い強度が必要であればヒノキCLTを使用するのが良いと考えられる。

樹種・産地・強度から供給可能な木材を把握し、適切な強度で設計をすることがで、需要拡大に向けて国産材を万遍なく使用することにつながるができる。

Chapter 4

木材をめぐる流通構造の立地的課題 - 資源の加工と分配の合理化 -

4.1 ウッドマイレージ

木材の産地から消費地までの輸送距離である「ウッドマイルズ」に運んだ木材の輸送量をかけ合わせ、輸送時の環境負荷を数値化したものを、「ウッドマイレージ」と言う。先進国でありながら、自国内に豊富な森林資源を有する日本においては、川上である森林と、川中の木材加工、川下の木造建築の循環をうまくデザインすることで、このウッドマイレージを小さくできる可能性がある。また、中大規模木造の需要が拡大すると、上記の観点だけでなく、資本の合理的な循環のためにも、今後、ますます「どの地域から、どんな経路で、どう調達するか」が問われるようになる。しかし、そのプラットフォームは未だ整備されていない。

4.2 樹種別の資源分布 (スギ、ヒノキ、カラマツ)

3.1「中高層建築に必要な高強度木材の種類」で触れたように、建築構造材に使用される主要な国産樹種は、スギ、ヒノキ、カラマツである。人工林スギの齢級別蓄積量上位県の分布を見ると、産地によって違う樹種と言ってよいほど、その性質には、地域差があるものの、スギは各地で手に入ることがわかる。

一方、人工林ヒノキの齢級別蓄積量上位県の分布を見ると、杉よりも分布は狭く、中部地方以西に集中している。桧は杉より乾燥させやすく、外観も使い勝手がよく、量も出てきやすい。成長は遅いが、原木価格は杉と大差ない程度まで下がってきているため、中高層木造建築における構造材の選択肢の一つとなりうるかもしれない。

最後に人工林カラマツの齢級別蓄積量上位5県の分

布を見ると、材料として供給できるだけの蓄積量がある生産地は限られており、本州では関東甲信越に集中している。カラマツは、本来は形状安定性、加工性に難がある材料であるが、産地の努力と工夫で使いやすくなってきた。強度の面では魅力的な材料であり、今後は戦略的な植樹が必要となるかもしれない。

4.3 木材生産拠点と加工拠点の分布と生産能力

(大断面集成材、CLT、LVL)

都道府県ごとの樹種別の森林蓄積量と、中大規模木造建築に対応できる木材加工工場の立地、着工面積に応じた木造化ポテンシャルとを1つのマップに図示すると、大きな需要と供給の中心は必ずしも近接していないことがわかる。

GIRやドリフトピン、鋼板挿入等の二次加工を考慮すると、加工工場の選択肢はさらに限定される。前章までに見てきた中大規模木造建築の大きな需要地は、東京・名古屋・大阪周辺の大都市圏に集中している。調達先を建設地の近傍としてしまうと、利用できる技術が限定されてしまうおそれがあり、現在はこれが中大規模木造建築のウッドマイレージを増大させている。一方、素材生産地から大都市圏までの木材の移動ルート、道路ネットワークを踏まえて可視化すると、ルート上にはいくつかの結節点があることがわかる。この物流の結節点と大都市圏とは近接しており、加工工場立地の手がかりとなりうる。川下における木材利用を促進する上では、生産地と建設地とを繋ぐ「中継地点」として、中大規模木造に必要な加工ができる集積拠点(ウッドコンビナート)を日本国内に何カ所か整備することが有効なのではないだろうか。

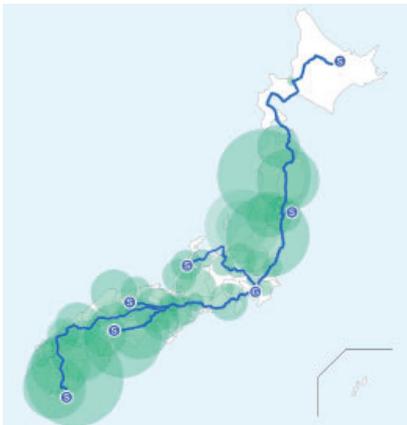


図 4.1_ スギ資源分布図



図 4.2_ ヒノキ資源分布図



図 4.3_ カラマツ資源分布図

各地域の生産工場を起点Sとして、消費地G（仮に東京駅とした）までの移動ルートを青線で可視化した

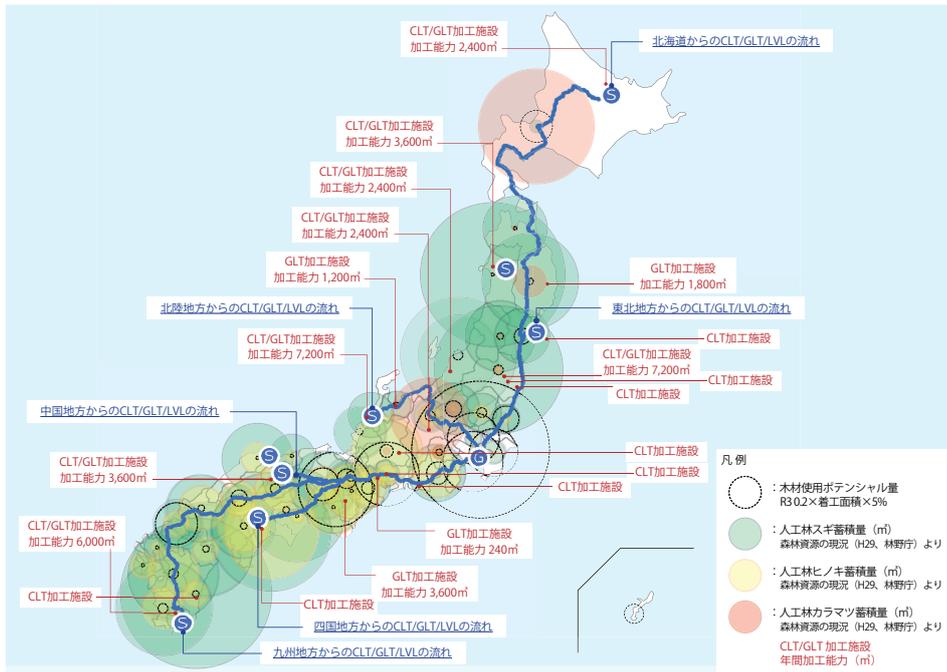


図 4.4_ 木材生産加工拠点の分布と生産能力

【出典】

CLT 生産拠点：
国内 CLT 製造企業一覧（日本 CLT 協会会員 JAS 認定工場）
日本 CLT 協会（2022 年 7 月 14 日）
<https://clta.jp/document/>

GLT（構造用大断面集成材）生産拠点：
中大規模木造建築担い手企業リスト
日本集成材工業協同組合（2022 年 3 月）
<https://www.syuseizai.com/>

LVL 生産拠点
JAS 認証工場名簿 単板積層材
日本合板検査会 令和 4 年度版（2022 年）
<https://www.jpcc-ew.net/db/ichiran.pdf>

構造用大断面集成材 加工拠点
中大規模木造建築担い手企業リスト
日本集成材工業協同組合（2022 年 3 月）
<https://www.syuseizai.com/>

CLT 加工拠点
CLT 加工企業一覧
日本 CLT 協会（2022 年 7 月 14 日）
<https://clta.jp/document/>

4.4 ウッドコンビナート構想

本報告書では、50 年生を超える森林の再造林を国が推進しており、その伐採のため、国産材の目標利用量が掲げられている、という状況を紹介してきた。ただ、この目標利用量は 2030 年に向けて 2016 年に策定されたもので、最大 14 年後の未来でしかない。では、20 年、30 年後はどうなるのか？

この目標利用量の策定とほぼ同じ時期の 2017 年の人工林の齢級構成は、前掲の図 1.3 のとおりである。したがって、たとえば 2037 年、つまり図 1.3 の状態から 20 年後は単純に 20 年（4 齢級）スライドする。その時の 50 年生（10 齢級）以下の面積は、下記図 4.5 となる。



図 4.5_ 人工林の齢級構成（2017 年）

2037 年段階で、50 年生を超える森林面積、つまり 2017 年時点で 35 年生以上だった森林が実際どれだけ残っているかの確証はないが、完全に伐採されつくしてはいなかったとしても、図 4.5 で明らかのように、近い将来には「豊富な森林資源を伐採して木を使う」というストーリーは継続できなくなる。森林資源が減少し得る未来を想定するなら、重要となるのは以下の 3 つである。

- ① 木材資源の「歩留りの最大化」
- ② 木材資源の「利用期間の最大化」
- ③ 木材資源の「最大限の再利用」

まず、①と②の実現には技術、そして③の実現には技術に加えてマーケットの確立が必要である。その両方を見据え、木材の加工技術の担保から、再利用マーケットにとって必要となるストックヤードの役割を担うと共に、再加工作まで含めて総合的に対応する拠点の提案が「ウッドコンビナート構想」である。これは、サーキュラー・ティンバー・コンストラクションを推し進めるにあたって鍵になると考えられる。

【出典】 図 1.3 を元に著者にて作成

サーキュラー・ティンバー・コンストラクションへ
-木を「多く」「長く」使うための木造化戦略と量的分析-

座談会 - 報告書を読んで -

山崎真理子 (名古屋大学)

後藤豊 (チャルマース工科大学 / 東北大学)

×

小見山陽介 (京都大学)

伊藤翔 / 高山峻 / 太田真理 (大林組木造・木質推進部)

- 報告書を読んで

小見山: 山崎先生と後藤先生に、我々が作成した報告書を、第1章から第4章まで読んでいただきました。この座談会では、報告書への感想もいただきながら、内容をより深める議論をできればと思います。

後藤: 噛み砕かれた、内容の濃いレポートに感じました。木造の専門的な研究をしている者として馴染みがある情報が、一般の方にもわかりやすく伝わる形で、コンパクトにまとめられています。大林組さんのビジネスだけではなく、世の中への提言にもなりうるものへ、今後展開されてはどうかと感じました。

大林組: 木材使用量の目標値も数字だけを見ると、淡々としていますが、よく考えるととんでもない量の木材を使わないと目標に辿り着けないことが、今回の報告書からわかりました。木質化ではなく、木造化で構造体を木に変えないと辿り着けない数字です。

山崎: 教科書にはまだ掲載されていない新しい話題も多く、資料的価値が高いと思いました。木造建築や循環性は国際的な話題ですが、森林について話すなら、その国ごとに固有の話になります。日本の木材業界は、非住宅建築に向けて変革期にあります。旗振り役は誰になるのか。強めの提言や要望があっても良いのではないのでしょうか。

後藤: 報告書を読んでいて、川上と川下の間で、材料と資本の流れが混じっているように思いました。本来は、材料自体のリユース・リサイクルの話ももっと出てくるべきで、そこがまだ掘り下げられていないのではないのでしょうか。

- 炭素吸収のスピードと炭素排出のスピードをバランスさせるために

後藤: 第1章の「人工林の齢級構成 (2017年)」の図が大事ですね。木材の安定供給ができていれば、森林の齢級の分布も安定し、もっとフラットであるはずですが、面積の分布を見ると、0 齢級から 5 齢級が少ないことがわかります。今後、植林が継続的になされれば、森林面積はリカバリーできますが、50 年後に適齢期を迎える森林面積は、今よりも減ることが見て取れます。

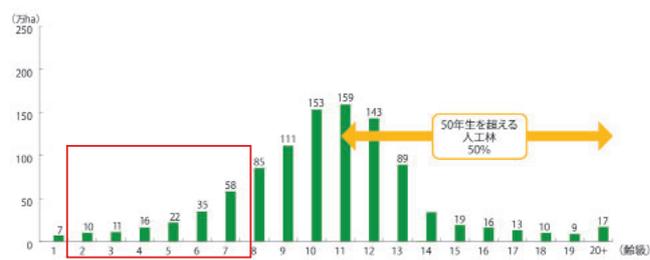


図1: 人工林の齢級構成 (2017年)

大林組: 今は木材がふんだんにありますが、将来成熟した森がなく供給が細ってくる時代になったときに、都市にある木材のストックを再加工して、有効にリユースしていく場としての「ウッドコンビナート」の意味が、出てくるのではないのでしょうか。

山崎: 読者に誤解がないように少し補足すると、たしかに 50 年後に「人工林の齢級構成 (2017年)」の図の赤枠の領域が横へシフトしますが、「いま使える木」は、50 年後もまだ使える場合が多いでしょう。ですから、人工林面積が足りなくなるよりも、木を出す人がいなくなるかもしれないことのほうが大きな問題です。

別の観点からリユースの必要性を考えてみましょう。世の中に流布している木造と森林の循環図が意味しているのは、炭素の循環です。したがって、炭素吸収のスピードと炭素排出のスピードが、バランスしているかどうかも大切な問題です。燃料として燃やされてしまうと木材中の炭素貯蔵期間がごく短くなってしまいます。炭素を長期間ストックできる建築物で木材を使うことの重要な意義が、そこにあります。ただ、日本の建築物は寿命が短いので、リユースもある程度考えていかないと、燃やすまでの期間を伸ばすことはできません。ですから、リユースは、時間のサイクルを成立させるための、建築への炭素貯蔵期間を伸ばす方策と言えます。

木が建築用材に使える寸法まで育つのに、例えば、50年かかるとしましょう。炭素収支を合わせるなら、歩留まりを考慮して建物の寿命（建築物内で木材が炭素を貯蔵し続ける期間）を考えないといけません。50年を森林の歩留りで割るわけですが、森林面積のすべてが建築用材に使えるわけではありません。使われずに切りっぱなしの木材が非常に多いので、森の歩留りは50%に満たないでしょう。「木材の生産期間 / (森の歩留り × 材の歩留り) = 建築物の寿命」と考えたとき、例えば、森の歩留りが1割程度だとすると、そこからさらに建材にするための歩留りが4割程度だとすると、50 / (0.1 × 0.4) で建築に貯蔵すべき期間は、1000年を超えてしまいます。これは現実的ではありませんから、どれかの数字を変えないといけません。いずれの数字にも課題があり、改善に取り組み必要があります。

- 木造建築のリユースは どうしたら実現するのか

大林組：リユースの目標はどのくらいに置くべきなのでしょう。材積率の高い低層木造建築はリサイクル率を上げられそうですが、高層は仕口も複雑で難しくなるのではないのでしょうか。Port Plusも木質部材のほとんどは接合部で、解体してもリサイクル率は低そうに感じます。3Rを考えて作る低層のボリュームゾーン、3Rよりも建設時に木材を多く使うことを考える中高層ボリュームゾーンという考え方で良いのでしょうか。

山崎：低層においても、現状はリユース材による戸建て住宅建設は全くないと言っていいでしょう。廃材は木質バイオマス発電に行ってしまいます。解体された部材は中間処理施設に集められますが、将来的に中高層建築の木質部材が多く運び込まれるようになったとして、今後の技術開発を期待しつつ、カスケードの構築が必要です。例えば、金物が木材に残った状態で破碎しつつ、何らかの方法で素材を分別することはできると思います。第1選択を同じ用途の部材にリユースすること、それが理想ですが、第2選択として、少なくとも木材はウッドチップとしては回収しボード系の建材に再生すること。柱梁のフレームが、ボード材に再利用されて床材に使われるかもしれません。あるいは、建材ではなくても、ペレットに再利用することもできるでしょう。

小見山：土木構造物や家具など建築以外の領域にも、

広げていかないと成立しなさそうですね。建物を再利用する、再利用材で建てることに、どう価値を見出すか。道徳だけだと成り立ちませんからね。

後藤：エンジニアリングウッドのリユース・リサイクルを考えたときのハードルは、例えば、解体されるまで仮に50年だとすると、荷重を受け続けたものをバージン材と同じように扱えるか？という問題があります。チップにしてボードにするのは、技術的に成立しそうですが、回収できた再利用材を使うのは経済的か？という問題もあります。長寿命化が求められる時代に、そもそもどうして建物は取り壊されなければならないのかも、再考する時期に来ているでしょう。

大林組：用途が変更になるときに、建物自体のリユースの発想が乏しく、スクラップアンドビルドで成立してきたのがこれまでです。維持管理のビジネスモデルが作られてきませんでした。

従って、規模に関わらず、日本の場合、例えば木造の事務所であれば24年で減価償却が完了し、残存価値が非常に低くなってしまいます。償却したら即壊すわけではありませんが、せいぜい建物寿命としては50年くらいでしょうか。

- 木材の再利用可能性とマテリアルパスポート

後藤：24年で価値がなくなるならことを前提とするなら、堅牢に作りすぎないとか、せめてバラしやすい建物にする努力もあって良いのではと思います。「壊しやすい建築」は、世界各地でこれから注目されていく分野です。文化的価値を持って長く使うべき建物と、建てる時点で壊しやすさを前提とし早いペースで循環すべき建物という棲み分けがありうるかもしれません。

大林組：今回の報告書では、中大規模木造建設のために必要な部材を製造する「二次加工」に加えて、解体された木造建築の部材を再利用するための「再加工」、また、それらの部材を流通するための「ストックヤード」の機能を併せ持つ施設としての「ウッドコンビナート」をイメージしています。

山崎：中間処理施設に行くと、解体材がストックされてチップになるのを待っています。中間処理施設がそのままリユースのストックヤードになればいいのですが、そのためには法的整備が必要です。

小見山: そうしたときに、欧州で議論されているマテリアルパスポートは解決策になりうるでしょうか。

後藤: 平面・立面・断面の図面を、二次元でまとめて確認申請を出しますので、部材一つ一つまでは書かなくても建築許可が降りてしまうのが現状です。将来的に、デジタルツインで許可を取るようになれば、技術的には部材の追跡もできるようにはなります。ただし、木造は、特に小規模の場合、現場判断でディテールが変わってしまうことも多いので、それをどう許容するかですね。現状はヨーロッパでも築年数の長い既存のストックをデータ化するのも一苦勞で、写真を撮って材料を推定する研究が行われるなどしています。

山崎: 木材という材料自体に、強度のばらつきがありますので、その材料強度をどう保証するかも課題です。ただ、ICT化によって、ばらつきがあるものの管理はしやすくなります。今様で言えば、多様性の尊重ですね。カスケード利用でチップになってしまうと追うことは難しいので、リユースの方が材を管理しやすいですね。近年の技術開発は、高層化など堅牢性に比重が置かれていましたが、木造建築の持つ解体容易性も忘れてはいけません。両者は共存できると思います。

- 木造建築のマーケットをいかに創出するか

大林組: 今の木造建築のマーケットは、比較的規模や形式が統一された戸建て住宅用で、中大規模建築向けの安定供給をやろうとすれば、新しいインフラのための大きな投資が必要になります。

山崎: 1 - 2階建住宅の80%は現在でも木造です。住宅市場では、横架材の多くが輸入品ですが、そこを国産化することは、既存のマーケットがあるために難しい。むしろ、全然別の土俵を新たに作るほうが、やりやすいかもしれません。4階から7階くらいの中層規模が、全部木造に置き換わる未来はありうると思います。

後藤: 将来の木造建築のボリュームゾーンが中層であることは自分も同意です。一方、川上と川中の分断にも目を向けるべきでしょう。パンデミックで、素材を買わないといけない業者は苦勞しているのですが、森林を所有している加工会社は、価格の上昇を抑えることができたので乗り切れたと聞きます。垂直統合も、

一つのビジネスモデルです。

山崎: すべての日本の森林がその経営手法に乗る必要はないですが、大手ゼネコンの特性を生かしたビジネスモデルは、林業 - 木材 - 建築を取り巻くビジネス界の一つの風穴になると思います。

大林組: 森林資源を加工会社が持っているというのは、林業をやっている農家に対して、加工会社が資本を入れているということでしょうか。

後藤: スウェーデンでは森も持っているし、製材もするし二次加工もして建設もする会社があります。自社で扱っている木材の半分は、自社所有の森から取れたもので、残り半分は、地元の個人の森林所有者から調達しているそうです。彼らは森の経営のコンサルテーションもやります。

山崎: 浜松の天龍にある会社では、自社の森林ではないものの、会社として、地域の森にどういう木が生えているかを知っていて、成長を見守っているの、いつどんな木が手に入るかを知っているそうです。木が太ったらあんなこうなるということ、みんなわかっていると、将来予測も立って、森林所有者に1円でも多く返すことができます。将来的に、どんな木が出てくるか、この森をどう切ったらお金を返せるか、川下に伝える役割を果たしています。これも一つの一気通貫のあり方です。このように、川下と川中がうまく噛み合えば面白いですね。大林組さんも森林所有までやるのでしょうか。

大林組: 山を持つことは在庫を抱えることであり、リスクになりますから、日本のゼネコンが苦手としてるところです。鉄にしても、コンクリートにしても、原材料の確保や製品の製造・加工を、ゼネコンが担うことはありません。直接製造メーカーから買わず、加工業者や商社が間に入ります。ゼネコンには、需要変動のリスクや原材料調達のリスクをとるDNAが無いので、そこが1番の問題です。川中にいくのも、今はまだ冒険ですから。

- 川下から川上への循環をビジネスとして 成立させるには

大林組：ヨーロッパの植林事情はどのようなのでしょうか。需要と供給を把握して計画的に運営されていますか？

後藤：スウェーデンでは、国土の70%が森林で、そのうちの70%くらいが、人の手が恒常的に入っている森です。材積は増加傾向で、年齢別の分布もフラットです。そんなスウェーデンも、100年くらい前に、過伐採で森が減った時期がありました。そのため、約100年前に1本切ったら2本植えるという法律ができました。今は1本切ったら4本植えています。間伐はされますが、森林全体の材積は増加傾向にあります。

山崎：20年前、国産材の利用が底を売っていた時代は森林資源の議論なんてありませんでした。木材利用率が上がった先に何かあるのか？どれだけ先の未来を描くのかによっても論点は変わってきますね。

大林組：日本では、エリートツリーの導入で、伐採サイクルを早めようという動きもあると聞きます。

山崎：森林の話は、日本全体が不均衡な状態になることを想定する必要があります。私は日本の森は、産業の場としての森と、風景としての森とに分かれていくだろうと予想しています。前者は、継続的に植林を行える林業経営者によって、持続可能な林業が成り立つかもしれません。でも、ほとんど多くの森は、そうなる前に破綻してしまい、背景化してしまうのではないかと。それでいいのか。そんな森を減らすためにどうしたらいいのか。そこにいる人たちが、森林を資源と思うかどうかの気持ち次第だと思います。どういうものを植えていくかも、川上と川中と川下と一緒に相談しながら、森は資源だと思っているエリアは、林業が成り立つでしょう。逆に、資源だと思ってない人は、ゴミ掃除だとさえ思っていますので、9割捨てていると聞きます。彼らにいかにも資源と思わせるかを考えたときに、川下の皆さん、大林組のような1ゼネコンができることはたくさんあると思いますし、中間層を救える可能性があります。川上は余力がないので、自らは変わりません。大林組が日本のすべての森を救えないとしても、いま1個でも2個でも森を救うことを考えてみてはどうでしょうか。

大林組：木造建築をやり始めてみると、我々に何もノウハウがないことがわかりました。木材業界には、ブラックボックスのイメージがあり、そこに我々が手を出すのは、時期尚早ではないかという意見も社内にはありました。ですから、長生きできるビジネスとして成り立つ土台をつくらないといけないと思っています。

後藤：単純に、将来、山に木がなくなるわけではありませんが、資源が先細っていくのは確実なので、そうならないために、お金を循環させて川上に仕事をたたくさせること、植林の動機をつくる必要があるのではないでしょうか。

山崎：日本においては、資源が先細ったら輸入材に戻るだけかもしれません。今後、多くの林地は今現在手がかかるところを認識した「針葉樹」を植えなくなるかもしれません。山側には、自分たちの必要性を感じにくい側面がありますし、スギ・ヒノキのモノカルチャーが、森林形成上良いのかどうかという課題もありますので、次に植えるなら、今、建築用材の主流である針葉樹ではない樹種になるかもしれません。しかし、建築側から見れば、それはそれで持続性を損なう。そうならないためには、環境倫理的なことにインセンティブがつくビジネスモデルが必要でしょう。経済的に建設業と木材生産を循環させる駆動力を、大林組さんが担うことができれば、価値があるでしょう。

大林組：この報告書を機会に、木を「多く」使うことと、「長く」使うこと。両方のメッセージを発していきたいと思っています。今日はありがとうございました。



第一回座談会：20221212 zoomにて
第二回座談会：20230130 zoomにて

Chapter 5

結 - 社会的な課題と建設業の目標 -

最後に、本報告書において抽出された課題と建設業の目標を、ウッドコンビナート構想とサーキュラー・ティンバー・コンストラクションの観点から整理する。

5.1 社会的な課題1 —脱炭素—

木に対する世界的な注目の原動力は、やはり、カーボンオフセットではないだろうか。CO2 固定量を増やし、排出量を低減するという観点では、以下の5点が主な課題である。

1) 森林の炭素固定量拡大

森林面積を増やすことと、高齢の森林を若返らせることの、2つの方法があるとする、すでに国土の67%が森林である日本においては、面積を増やすよりも、伐採した後の植林が前提となるだろう。従って、伐採促進および確実な再生林が課題である。

2) 非住宅木造建築物の推進

材の主な利用先であった住宅着工数が、今後も減少する見通しのため、非住宅建築の木造化によって需要を拡大し、伐採と再生林を促すことが課題である。近年は中大規模木造建築が推進されているが、量的にはさらなる拡大が必要と思われる。

3) 木材の長寿命利用

木造建築は木材を消費するだけでなく、木材という形で炭素を長期間・大容量で固定する役割も担う。これに加え、木材のリユース・リサイクルマーケットが開拓されると、その固定期間はさらに延長される。その手法とマーケットの開拓も課題の1つである。

4) 木材加工の歩留まり向上

現状50%程度と言われる歩留まりを向上することが課題である。残りの50%は、例えばバイオマス燃料としても有効利用され得るが、比較的短期間で二酸化炭素に戻ってしまうことになるため、炭素固定という観点では、木を用材として極力長期間利用することがより望ましい。

5) 木材運搬経路の合理化

輸送におけるCO2 排出量低減のためには、山と建設現場の地理的な中間地点に、木材加工工場があるのが望ましい。適切な生産能力をもった国産材の大断面集成材工場や二次加工工場を、素材生産地と建設量の大きい都市部等の両方の地理を考慮した立地とすることが求められる。

5.2 社会的な課題2 —経済活性化—

脱炭素戦略の継続には、経済的な成立が必須と思われる。木にまつわる課題は経済・産業の観点からも多様に考えられるが、木を木材として取り扱う建設業の視点からは以下2点があげられる。

1) 持続的な造林拡大（木材生産）

日本は齢級の若い森林の面積が少なく、持続的な植林が無いまま大量の用材供給が継続されれば、近い将来には、「豊富な森林資源を伐採して木を使う」というストーリーは継続できなくなる可能性がある。森林資源が減少し得る未来を避けるには、計画的な再生林が課題であるとともに、さらなる将来を見据えると、森林の齢級分布全体を平準化していくことも課題である。

2) リユース・リサイクルマーケットの成熟

森林の炭素吸収のスピードと、建設業における炭素排出のスピードとを、バランスさせるための1つの対策例として、木材を再加工・再利用するマーケットの成熟が考えられる。新たなビジネスとして、経済効果も期待できるほか、再生林された木が育つまで、一時的にでも森林資源が先細りうる将来への対策ともなりうる。

5.3 建設業の目標 —現在—

再造林も、新たな加工工場地点の開発も、確かな木材需要が無ければ促進されない。従って、川下側の動向が重要で、特に建設業は重要な役割を担うと考えられる。公的にも、木造建築が推進されている背景もあり、建設業としては木造建築を普及すべく以下の点などが共通目標となっているといえる。

1. 耐震性・耐久性・耐火性・対候性などの要素技術の向上
2. 歩留りや材料特性を踏まえた経済的な設計手法の探求
3. 木の魅力を発信する建築の提示

5.4 建設業の目標 —今後—

社会的な各課題の解決には、川上から川下までをつなぐ連携が必要であり、これを意図した動向は、各業界で起き始めている。そうした現状を踏まえて本報告書が提示するのが、「ウッドコンビナート構想」である。

ウッドコンビナート構想の目標は、中大規模木造建築サプライチェーンの構築である。それが担うべき役割は以下である。

- 1) 中大規模建築で求められる高強度な木材を潤沢かつ経済的に生産
- 2) 素材生産地と消費地を考慮した合理的な立地による流通経路の改善
- 3) 加工と流通の集約によって得られる情報に基づき製造過程を最適化し、ロスを低減し、歩留まりを向上
- 4) 木材の再加工機能およびストック機能を有することで、リサイクル・リユース拠点としても機能
- 5) バイオマスプラントなどの併設による、加工場で排出される木屑類の高効率でのエネルギー変換

中大規模木造の部材再利用は、再加工マーケットと設計手法の両方の開拓でこれから検証されていくべき課題である。「どういう状態に解体されれば何に再利用が可能なのか」の情報が必要であるが、再加工マー

ケット自体がない現状、国内にその知見はまだ乏しい。一般論として乾式工法は湿式工法より解体しやすいが、集成材自体が材料中に湿式の接着剤を含んでいる。したがって、せめて集成材同士の二次接着をなくすことは有効と考えられる。本稿でも紹介したPort Plusでは、柱・梁はLVLの3層構成であるが、LVLの各層同士は二次接着を行わず、乾式固定としている。壁・床に使用したCLTは、構造的な接合に供した端部や、被覆を接着した表面を除けば、素材としては再利用可能と考えられる。ただし、鉄骨や鉄筋コンクリート同様、一度使った構造体をそのまま構造体として直接再利用することは現状では建築基準法上許されない。建築の構造体以外であればハードルは下がるため、森林の成長速度と合わせて「木材を長く使う」ための適切なカスケード利用戦略もウッドコンビナート構想には含める必要がある(図5.1)。こうした拠点の構築により、川中の生産能力を上げることに繋がり、さらには新たなリサイクルビジネスも射程に入ることとなる。川下においても、より安定した材料提供を確保できると共に、リサイクル拠点と連携することで再利用を意図した建築計画および技術の開発も推進される。したがって、川中と川下の双方で協力して推し進められるのが望ましい。

そのほか、ウッドコンビナート構想には、木材加工技術やバイオマス発電技術、そして建設業側のニーズなど、多様なノウハウが必要となってくる。この実現に向けた動きの一例として、大林組では複数のバイオマス発電所を稼働させており、今年2月には木材製造業であるサイプレス・スナダヤとの資本提携も開始している(図5.2)。

実際には、本論で取り上げた主要な課題以外にも、取り組むべき課題は多岐にわたり、加えてまだ課題としても認識されてすらいらない側面もあるとも思われる。しかし、まずは川下と川中を跨ぐような動きから始めることがウッドコンビナート構想、ひいてはサーキュラー・ティンバー・コンストラクションの達成に繋がっていくと考える。今後、同様に各業界が同じ目標を共有しながら一歩ずつでも前進できたならば、日本の持つ森林という資源を最大限活用し、環境にも経済にも大きく貢献できる枠組みを構築できるのではないだろうか。

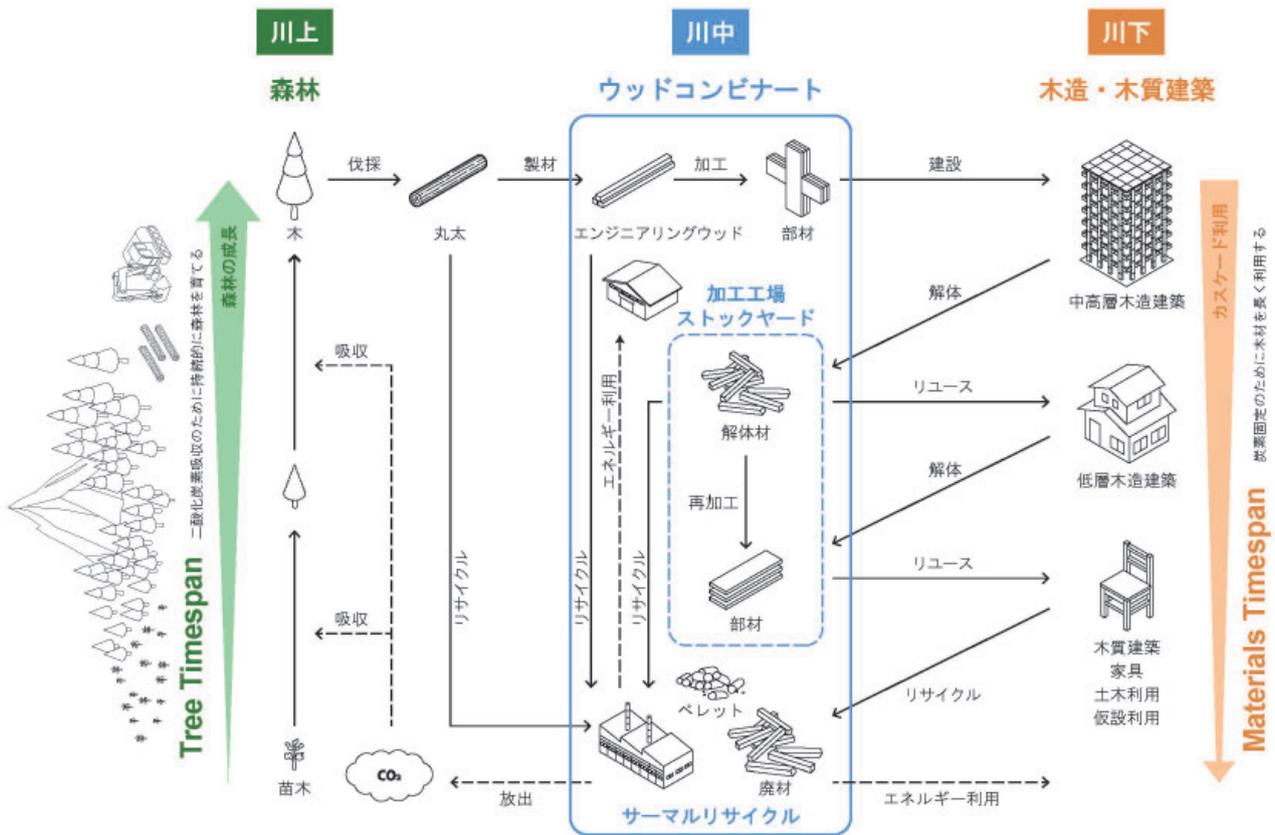


図 5.1_ 木材資源の循環ダイアグラム

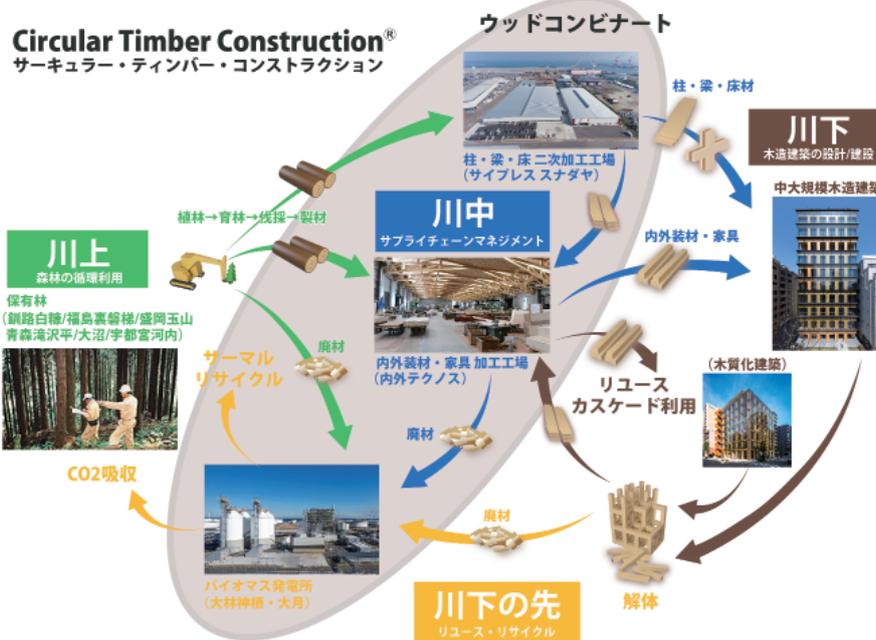


図 5.2_ ウッドコンビナート構想

協力:

山崎真理子 (名古屋大学)

後藤豊 (チャルマース工科大学 / 東北大学)

SPIRITS
SUPPORTING PROGRAM FOR INTERACTION-BASED
INITIATIVE TEAM STUDIES

※本研究は京都大学 SPIRITS 2022 により
助成を受けたものです