



日本の木造建築セクター

分析およびフランスの
状況との比較

日本の木造建築セクター

建築科学技術センター（CSTB）は建築分野のイノベーションに資する公的機関として、同セクターにおける持続可能な開発を目指し、主に研究、鑑定、評価および知見の普及という4つの活動を実施している。当センターの業務範囲には、建設資材、建築物、街並みや都市とこれら建築物との調和などが含まれる。

909名の職員を擁し、系列機関および国内・欧州域内・外国の各パートナーとのネットワークを駆使するCSTBは、建築物の質と安全性向上に寄与するため、建設業界のあらゆる関係者にサポートを提供している。

本書に公表されたページの全部または一部を、編集者またはフランス著作権センター（75006パリ市オートフィユ通り3番地）の許可なく複製または再利用することは、その方法の如何を問わず不法行為であり、いずれも偽造とみなされる。ただしこれらの複製・再利用については、複製が集団の利用に供されるのではなくあくまで複製者のみの利用に限定されている場合、および学術的性質または当該引用部分が含まれる作品に関する情報としての性質が裏付けられる分析・短い引用の場合に限り許可される（1992年7月1日付法律第L122-4条および第L122-5条、ならびに刑法典第425条）。

調査研究報告書

日本の木造建築セクター

分析およびフランスの状況との比較

R. Desmaris—CSTB

R. Baroux—CSTB

P. Carlotti—CSTB

J. Fontan—CSTB

S. Hameury—CSTB

B. Mesureur—CSTB

P. Molinie—FCBA

表紙写真 : E. Le Villain

『調査－研究報告書』シリーズの全出版物については、ウェブサイト
www.cstb.fr をご覧ください。

目次

概要.....	2	付属資料 1—新築された木材会館.....	20
1. 日本における木造建築の変遷.....	3	付属資料 2： ウッドスクエア—ポラテック....	27
1.1 戦後の復興.....	3	付属資料 3： 住宅建設地—ポラスグループ....	33
1.2 木造建築文化の継承とその変遷.....	3	付属資料 4： 住友林業株式会社.....	38
2. フランスと日本の市場比較.....	4	付属資料 5： 三井ホームの展示用建物（建設中）	39
2.1 木造建築市場.....	4	付属資料 6： フォーラム参加者一覧.....	40
2.2 森林開発市場.....	6		
3. フランスと日本の規制に関する比較.....	7		
3.1 防火関連規制.....	8		
3.2 規制上の奨励策.....	10		
4. 日本で広く使用される技術.....	11		
4.1 構造上の安全性確保のための対策.....	11		
4.2 防火対策.....	16		
結論.....	18		
参考文献.....	19		

概要

本報告書は、建築科学技術センター（CSTB）と森林・セルロース・建築木材・家具技術研究所（FCBA）が日本建築センター（BCJ）との連携により2012年6月に実施した専門家の日本派遣事業についてまとめたものである。日本におけるCSTBの同業者にあたるBCJとの交流の歴史は古く、両者は1969年以降、2年に1度のペースでフランスと日本において交互に会合を開催している。2012年6月にはBCJ側が日本の木造建築をテーマとした会議（於東京）にCSTBを招待した。CSTBからは、この行事が単なる学術交流にとどまらないよう、プログラム内容の変更とシンポジウムへのフランス業界関係者の招待を提案、BCJ側はこれを承諾した。こうしてCSTBは技術研究機関FCBAとの提携のもと、フランスの業界関係者向けに開かれた日本への研修旅行を企画する運びとなった。

研修プログラムについては、CSTBとFCBAがBCJと連絡をとりながら作成し、派遣事業の目的を以下のとおり設定した。

- － フランスの業界関係者が日本の木造建築の実情に関する知識を深めること。
- － フランスの木造建築業界関係者間の相互協力体制を構築すること。
- － CSTBとBCJの連携を強化すること。

本報告書は、この派遣事業の実施期間中に習得した情報の総括である。本派遣事業を通じて、当該セクターにおける日本とフランスの類似点および相違点が浮き彫りとなった。木造建築の発展に関しては、以下に示すように日本もフランスとほぼ同じ問題を抱えている。

- － 建築用木材の大半が輸入されている。
- － 森林開発事業が非常に細分化されている。
- － 木造建築技術に関する若い世代の教育面に問題がある。
- － 非常に厳しい規制に適合させるためには技術面に弱さがあり、これに起因する限界が存在する。

しかし、日本にはフランスとは明らかに違う点もある。

- － 古くからの木造建築文化がしっかりと受け継がれている。
- － フランスに比べ、政府がより積極的に木造建築を推奨している。
- － 個人住宅の大部分（2010年に84%）が構造材に木材を用いている。
- － 部材の事前加工技術が非常に発達しており、これにより施工が最適化されている。
- － 民間、公的機関を問わず、木造建築分野に多額の研究費が投入されている（実大火災試験プロジェクトの実施、視察企業のうち1社が多数の試験台を保有していたことなど）。
- － 日本は建築物の安全性確保というテーマ（構造部の接合方法、耐震、耐火）を重要視している一方で、快適性に関連する技術面（温湿度、断熱および防音）においては遅れがみられるようである。

1. 日本における木造建築の変遷

木造住宅とは、支持構造部が木材製の建築物を指す。日本には、木造建築の長い歴史がある。現在日本人の80%が木造住宅に住みたいと希望し、木造住宅に住む人々のうち60%はこれが健康に良いと考えている。ここでは日本の木造建築セクターの主な特徴について分析し、そのいくつかの側面をフランスの同セクターと比較してみたい。

1.1 戦後の復興

第二次世界大戦後の復興は、フランスにおいては非常に早期の実現をみたが、一方日本の復興事業はゆっくりと推移、遅まきながら1970年代にピークを迎え、住民1,000人あたりの年間建設戸数が18戸に達した。40年以上にわたり、日本は住民1,000人あたり年間10戸レベルを超える非常に高い建築ペースを保ってきた。一方フランスでは、1971年を除きこのレベルを超えたことはない。今日、この数値は低下し、日本で住民1,000人あたり年間6戸、フランスで住民1,000人あたり年間5戸となっている（ドイツ、英国および米国におけるこの数値は、住民1,000人あたり年間2戸）。

日本人の記憶には、第二次世界大戦中の空襲による火災が刻まれている。さらに地震の多い地域でもあることから、日本人はかねてより地震後に頻発する火災に対しても敏感である。これを示す一例として、建築基準法では1950年から1987年にかけて、火災リスクを最小限にとどめるため高層の木造建築物の建設を禁止していた（棟高13メートルおよび軒高9メートルを超える建築物または延べ面積3,000m²を超える建築物）。

この禁止事項は、林業関係者および北米の構造材サプライヤーからの圧力を受け、1987年から2000年の間に順次撤廃された。

1.2 木造建築文化の継承とその変遷

日本の住宅のサイズは、一部屋を構成する畳の数をベースに規格化されている。これにより個人も建築業者も、建設予定の実際の建物に対してイメージを共有できるため、関係者間の意思疎通が容易化される。

1970年代まで、大工は個々のケースに応じて木造構造部分の組み立て用部材を自ら設計、加工するなど、建築作業において重要な役割を果たしてきた。その後日本は、骨組み・構造材の製造やカットの工程で、大規模な機械化段階を迎えた。現在では、日本の大工が使用する組み立て用部材の90%が、現場での建設段階前に事前加工されている。こうした生産方法は組み立て用部材の質的向上をもたらす一方で、その代償として大工が有していた一般構造分析に関する知識の一部が失われていくことにつながる。こうした時代を経て、大工は住宅の図面を作成するのに有資格の設計士を頼らざるを得なくなった。ところで日本と比べると、フランスはこうした機械化の面では遅れており、フランスの業界がプレカットの骨組み・構造材を市場に流通させるようになったのは、ここ15年前後のことである。

1985年になると、CAD（コンピューター支援設計）ソフトウェアの登場により組み立て用部材の設計が容易化され、これにより当該分野に従事する専門家の数が減少した。これと並行して大工の数も1970年代の90万人から現在では40万人に減少、その平均年齢についても上昇している。若い世代は大工という職業にあまり魅力を感じていない。フランス同様、職業訓練は大

学教育よりも不利な立場におかれている。ただし日本の担当省はこのセクターにおける職業訓練が社会の良好な発展に不可欠であると判断しており、その奨励策の実施に向け取り組んでいる。

2. フランスと日本の市場比較

2.1 木造建築市場

日本における個人向け木造住宅の建築市場は、フランスに比べてはるかに大きい。ただし木造の高層住宅については、法規的な制約の存在および木材利用による技術面の限界などが原因で、日仏いずれも同じように少ない。なお、木材利用技術という点に関し、3階建てを超える集合住宅について言えば、むしろフランスが日本に先んじているとも考えられる。

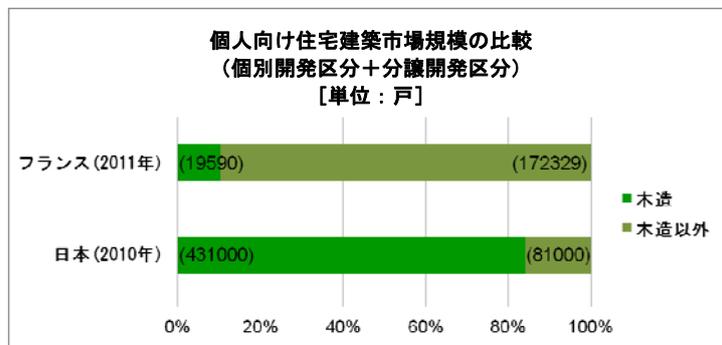


図1ーフランスと日本の市場比較

日本とフランスでは、3つの主要な木造住宅建築構法が用いられているが、その割合は異なる。ある国において特定の構法が他に比して優位を占めている場合、これは経済的な理由よりもむしろ文化的な背景、また当該セクターの関係者の構成等に起因するところが多いものと考えられる。

2.1.1 軸組構法

断面の大きい柱と梁により構成される自立式構法で、間仕切り壁、床および屋根を支える大きな開放構造からなる。一般的に構造材は工場ですべてに加工され、現地でクレーンを使用して組み立てられる。基礎工事の後に支持構造部を設置し、次いで屋根を構築する。充填壁の設置は屋根が完成した後になる。

この構法を用いると広く開放されたスペースを利用できるため、内装の自由度が高い。また間仕切り壁が非耐力壁であることから、建物の用途に応じて改装することができる。

この構法はフランスの木造建築市場の12% (3,235戸) を占めるが、日本では木造建築市場の実に76% (327,560戸) で使用されている。日本でこの構法を取り扱う企業は2~3万社を数え、通常これら各社は研究所と建築業者という2つの役割を同時に果たしている。

以下の図に示すとおり、軸組構法を用いて建設された住宅の約60%が、中小企業により建てられたものである。

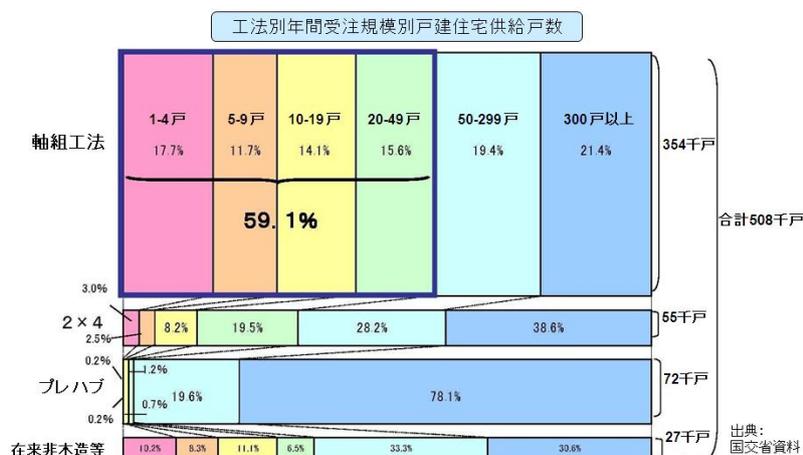


図2-構法別年間建築住宅数

2.1.2 木造枠組壁構法（プラットフォーム構法またはツーバイフォー構法）

木造枠組壁構法は、ここ100年の間に米国で発達した技術である。比較的断面が小さい木材を使用し、骨組みの縦材が各階の高さに相当する。各層の耐力壁が上階の床を支え、この形が同様に続く。

この構法には以下の2つの建築方法がある。

ー 現場でのパネル組み立て

工事が進むにつれて、水平方向に延びる各層が上階の垂直部材の組み立て作業面となる。この種の木造建築は一般的に極めて工期が短く、フランスでは平均で12~16週もあれば十分である（伝統的な組積造の建設には6ヶ月以上を要する）。日本ではこうした住宅を8週間で完成させられるとする企業もある。

ー パネルの事前製造（プレハブ）

この方法では、壁・床の部材、屋根支持部が予め工場で製造される。こうして現場で箱型パネル（サンドイッチパネル、箱型垂木パネル（木質接着複合パネル）など）を組み立てることで家が建つわけである。その際、構造材は通常接着剤で接合されるが、フランスでは多くの場合、これらと同じプレハブ部材が金属製部品により接合される。

木造枠組壁構法は、フランスにおける木造建築市場の75%で使用されている（年間20,220戸）のに対し、日本では木造建築市場の24%を占めるに過ぎない。日本の統計によると、そのうち「現場」で建築する方法は日本の木造建築市場の21%で使用されている（90,510戸。この方法を採用する企業は1,000社）のに対し、事前製造による方法は日本の木造建築市場の3%を占めるにとどまっている（12,930戸）。

日本のプレハブ・木造枠組壁構法の住宅は、フランスに比べ機械化の度合いが高く、またカスタマイズの幅が広い。日本では約30年前に複数の業界大手グループがこの構法に大規模な投資を行っている。ここには化学工業（積水）、冶金（新日鉄）、電子機器（パナソニック）など、他のセクターから進

出してきた大企業が数多く含まれている。これら企業は、投資段階で今後プレハブ住宅が市場を支配するようになると見込んでいたが、実際にはその販売は停滞している。東京大学の松村教授はこれに関し以下の2つの説明を加えている。

- 1平方メートルあたりの価格が他の構法に比べてわずかに高い。大企業各社は高級住宅に的を絞りと、比較的高価な資材を使用してきたが、これにより追加的に生じたコストを、施工プロセスの機械化により節減された経費で全て埋め合わせることはできない。
- プレハブ住宅を販売するためには、地域の建設業者が提案する他の構法に比べて、一般的により大きな販売努力を行う必要がある。

2.1.3 クロス・ラミネーティッド・ティンバー（CLT）の使用

クロス・ラミネーティッド・ティンバーなど、最新の構造材を使用する建設業者が次第に増加しつつある。事実、軸組構法で使用される断面の広い構造材として、乾燥状態が良く正確なサイズで欠陥のない木材を得ることは難しく、かつコストのかかることが多い。

CLT パネルの使用は、フランス木造建築市場の4%（1,078戸）を占めるのに対し、日本ではこれより利用率が低くなっている。

2.1.4 立体プレハブ（木造ユニット構法）

立体プレハブ木造建築とは、設備を整えたモジュールを工場で完全に組み立ててから、これを現地に運んで設置するというものである。この建築プロセスには多数の利点があるため、しばしば話題に上る。

- 機械化によるコスト削減。
- 悪天候等が及ぼす影響の抑制。
- 各種設備および仕上げの調整が容易（電気系統、暖房、換気、浴室、台所など）。

ただし、この技術に関してはその発展にブレーキをかける大きな障害がある。第一に、多くの場合非常にかさばるこれら部材の輸送が困難であること。またこの方法では容積の標準化を強いられるため、建築物の画一化を招きかねないと危惧する向きもある。

フランスでは1980年代に、立体プレハブ分野の代表的企業であったウオ（Houot）社が、この構法を用いて100戸以上の木造住宅を建設した。

1990年代に同社が活動を停止してからは、この構法に関心を寄せるフランス企業はもはやほとんどいなくなったかに思われたが、2010年代を迎えると、ベネトー（Bénéteau）グループの系列会社BH社がこの構法を扱うようになった。日本では立体プレハブ木造建築は行われているが、その数は非常に少ない。

2.2 森林開発市場

日本は住宅建設に使用される木材の75%を輸入しているが、国内の木材資源は非常に豊富で、こちらはあまり利用されていない。日本政府は2020年を目処に建築用に使用される木材の50%を国産にするという目標を設定した。1,530万ヘクタールの森林を抱えるフランスは欧州3位の森林国であり、国

3. フランスと日本の規制に関する比較

土の約28%が森林に覆われている。日本は国土の66%、すなわち2500万ヘクタールが森林である。

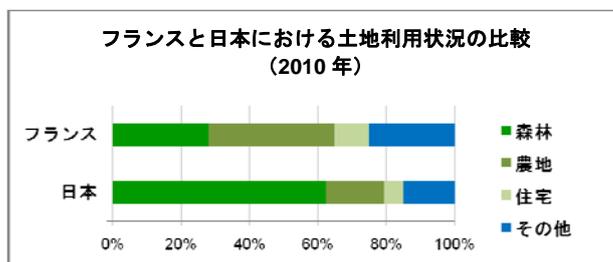


図3—フランスと日本の土地利用状況

フランスの森林は3分の2が広葉樹、3分の1が針葉樹により構成されるが、一方日本では植林された樹木の大半が針葉樹である。ただし日本においては、森林の50%以上が今なお自然林である。

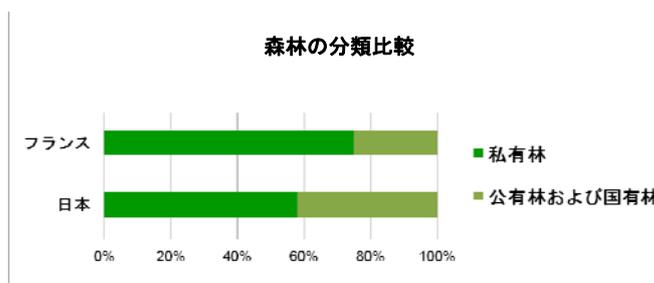


図4—フランスと日本における森林の分類

フランスの森林は、全体の4分の3を占める私有林（開墾の場合にのみ認可を要する）、および国有林（かつての王室所有林）と公有林（行政管轄下におかれる森林）を含む残り4分の1の公共林からなる。これに対し日本では58%が私有林、31%が国有林、11%が公有林である。日本の森林は小規模所有者により保有されており、森林全体の30%が、所有者の75%を占める5ヘクタール未満の小規模所有者に属している。

現在、森林市場は次第に複雑化している。関係者は木材の産地に関するトレーサビリティを求めるようになってきており、これを受けてラベルや証明書が登場した。エネルギーのコスト上昇は、輸入木材価格に影響を及ぼしている。また、木材に関係する炭素市場が整備され、こちらも当該セクターに影響を及ぼすものとみられる。

3. フランスと日本の規制に関する比較

規制に取り上げられる項目は両国間で異なっており、日本では構造や火災に関する側面が重視され、一方フランスでは防音や断熱に関する側面に重きが置かれている。

日本にはフランスの断熱関連規制に相当するものがまだ存在しないが、現在その整備が行われている。耐震関連規制に関してはフランスよりも詳しい基準が設けられており、木造構造の場合に採用すべき建築基準が明記されている。一方ユーロコード8は、木造部分に関して言えば現在のところまだ内容的に乏しい。地震を想定した日本のサイズ決定の原則には、2階建て建物の

場合、壁の面積をベースとする単純な計算方法が組み込まれている。またこれより高い建物については、壁の面積だけではなく固定方式や接合方式等も考慮に入れた、より精密な計算方法が存在する。

3.1 防火関連規制

3.1.1 日本の規制

耐火評価基準はフランス、日本ともに同じである。

- － 非損傷性／（Damage resistance）。部材が物理的に耐える時間。
- － 遮炎性／（Flame interruption）。部材が期待される非損傷性を示し、かつ炎、煙およびガスに対する密閉性を保つ時間。
- － 遮熱性／（Heat insulation）。部材が期待される非損傷性および遮炎性を示し、かつ火元に晒されていない面が熱くならないように十分な断熱を保証する時間。

一方、建物の分類方法および規制上の要件は両国間において異なっている。日本の建築基準法は、建物の位置的特徴、そのサイズおよび用途に応じてこれを「耐火建築物」と「準耐火建築物」の2つに分類している。

分類規則を以下に簡単に紹介する。

- － 建設地に応じて定められた規則：
 - － 防火地域：
 - － 3階建て以上または延べ面積が100 m²を超える建物は、耐火建築物としなければならない。
 - － その他の建物は、耐火建築物または準耐火建築物としなければならない。
 - － 準防火地域：
 - － 4階建て以上または延べ面積が1,500 m²を超える建物は、耐火建築物としなければならない。
 - － 延べ面積が500 m²を超える建物は、耐火建築物または準耐火建築物としなければならない。
 - － 3階建ての建物は、規制上の要件に従い一定の防火措置を講じなければならない。
- － 用途に応じて定められた規則：
 - － 3階建て以上の階を公衆受入施設（ERP）等として使用する場合は、耐火建築物としなければならない。
 - － 床面積が2,000 m²以上のERPもしくはその他の建物、または2階の物品販売店舗の床面積が500 m²以上の場合は、準耐火建築物としなければならない。
- － 建物のサイズに応じて定められた規則：
 - － 高さが13メートル、または軒高が9メートルを超える建物は、主要構造部を耐火建築物としなければならない。
 - － 延べ面積が3,000 m²を超える建物は、主要構造部を耐火建築物としなければならない。

3. フランスと日本の規制に関する比較

「耐火建築物」および「準耐火建築物」に分類される各建物に対する規制上の要件は以下のとおりとなっている。

建築物の部分	通常の火災		屋内において発生する 通常の火災
	非損傷性	遮熱性	遮炎性
外壁（耐力壁）	1 時間	1 時間	1 時間
柱	1 時間	—	—
床	1 時間	1 時間	—
梁	1 時間	—	—
屋根	30 分	—	30 分
階段	30 分	—	—

図5- 「耐火建築物」に分類される4階建て以下の建物に対する規制上の要件

建築物の部分	通常の火災		屋内において発生する 通常の火災
	非損傷性	遮熱性	遮炎性
外壁（耐力壁）	45 分	45 分	45 分
柱	45 分	—	—
床	45 分	45 分	—
梁	45 分	—	—
屋根	30 分	—	30 分
階段	30 分	—	—

図6- 「準耐火建築物」に分類される建物に対する規制上の要件

建物単位の耐火時間および火災の継続時間は、計算により求められる。ここでは、構造材の耐火時間が火災の継続時間を上回るかどうかを確認することが重要である。計算は建物の上部から順に行い、地上階が最も優れた耐火性能を備えていなければならない。伝統的な木造構造は、こうした要件に適合させることが難しい。そのため日本政府は規制の改正に着手しており、これに関する研究を積極的に推進している。

3.1.2 フランスの規制

フランスの規制によると、建物はその用途、タイプおよびジオメトリに応じて分類される。日本同様、各タイプの建物が、異なる安全対策基準に従わなければならない。

- 住居。
- 公衆受入施設（ERP）。
- 高層建築物（IGH）。高層建築物の建設およびその火災・パニックのリスクからの保護のための安全規則に係る2011年12月30日付省令の適用を受ける。
- 環境保護のための指定施設（ICPE）。
- 労働法典の定めに従う区画。

住居は4つのグループと下位グループに、ERPはタイプとカテゴリーにより分類される。例えば住居については、フランスではいくつかの要件が課される。

長く延びている住居は、該当するグループに応じて 1/2 時間～1 時間 1/2 レベルの防火壁で 45 メートル毎に区切らなければならない。

また垂直支持部材および床の耐火レベルは、グループに応じて以下のとおりとしなければならない。

- － 垂直支持部材の非損傷性：
 - － 第 1 グループ：非損傷性=1/4 時間
 - － 第 2 グループ：非損傷性=1/2 時間
 - － 第 3 グループ A および B：非損傷性=1 時間
 - － 第 4 グループ：非損傷性=1 時間 1/2
- － 床の遮熱性（同一室内に設けられた床〔中 2 階〕を除く）：
 - － 第 1 グループ：遮熱性=1/4 時間（地下部分の最上床）
 - － 第 2 グループ：遮熱性=1/2 時間
 - － 第 3 グループ A および B：遮熱性=1 時間
 - － 第 4 グループ：遮熱性=1 時間 1/2

比較として付属資料 5 に紹介する建物は、東京に所在する 4 階建ての集合住宅である。正面の壁は、日本の規制に従い 1 時間の遮熱性（REI 60）を備えていなければならない。同じ建物をフランスで建設する場合、30 分の非損傷性（R30）が課されることとなる。この具体例からもわかるとおり、日本の規制は 4 階建て以上の集合住宅についてより厳しいものとなっている。

3.2 規制上の奨励策

3.2.1 日本の規制における木材の利用促進

2010 年 10 月に発効した、公共建築物における木材利用促進法は、以下の各項をその目的としている。

- － 温暖化対策および持続可能な社会の創造。
- － 国土保全、水資源開発のための森林の再活性化。
- － 農村部経済の再活性化。

この政策は、以下のような考え方に立脚している。

- － 政府は、自ら建設する低層の公共建築物を原則として木造とする旨の決定を下した。建物を木造にできないことが証明された場合にも、その調度品を木製としなければならない。
- － この法律に従い、地方自治体は、公共建築物のための木材利用目標を掲げた個々の規則を定めるよう義務付けられる。

このために、政府は以下の支援策を実施する予定としている。

- － 公共の木造建築物のための規格の制定。
- － 木造建築を対象とする規制の検討および必要に応じてこの規制の再評価。
- － 木材生産のための設備建設支援。
- － 木造建築の一般向け PR を目的とした、一部木造建築の建設支援。

従来の規制は木造建築を優遇するものではなかったが、以上のような考え方は、全体としてとりわけ断熱および火災関連規制に関する要件を緩和する方向に向いている。

こうして、高層木造建築物の建設を容易化する環境を整備するため、木造建築における火災をテーマとした複数の研究プロジェクトが実施されている。代表的な一例として、建築研究所の実施した3階建て木造建築物に対する実大火災試験が挙げられる。火災対策の施されていない完全な木造の建築物を対象としたこの実験を通じて、火の広がりに関する多数のデータが得られており、発展の方向性を見極めるための研究目的に利用される予定となっている。

3.2.2 フランスの規制における木材の利用促進

2007年に制定された環境グルネル法は、持続可能な開発推進に向けた長期的政策の制定を目的としていた。その一環として、政府はフランスにおける木造建築の利用拡大に向けての取り組みに着手した。その目標は以下のとおりとなっている。

- －フランスにおける木造建築の推進：
 - － 気候変動対策。
 - － 再生可能資材の利用促進。
 - － フランスの規制および規格の調整。
 - － 新築建造物における木材の最低使用量の義務付け。
 - － 建築物における生物起源資材の利用促進に向けた新たなラベルの制定。
 - － 持続可能な管理を通じた森林の認定。
- － 木材製品の不足への対策：
 - － フランスにおける木材供給量の拡大。
 - － 木材生産セクターの機械化。

このために、政府はとりわけ以下の取り組みに着手している。

- － 建物に組み込まれる木材の最低使用量を平均10倍に増加。この措置は平均で $20 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ （2010年以前に課されていた木材使用率は $2 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ ）に相当するが、最低使用量は建物のタイプに応じて異なっている。
 - － 3階以上の住宅については $35 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ 。
 - － 工業用建築物、交通機関、物流センターについては $5 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ 。
 - － その他全ての建物については $10 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ 。

4. 日本で広く使用される技術

日本においては、規制上の要件を満たすため、構造上の安全性および耐火に関するテーマを中心とした研究開発が行われている。

4.1 構造上の安全性確保のための対策

■ クロス・ラミネーティッド・ティンバー（CLT）の使用

欧州で広く利用されフランスでも急速に普及しつつあるこの技術は、現在日本においても構造材としての利用が拡大している。ただし、日本では市販に先立ち義務付けられている認可をまだ取得していないことから、CLTを自由に使用することができない。この認可は近日中に付与される見込みである。



写真1-CLTは日本での市販に先立つ認可をまだ取得していない。

■ 構造分析手法の使用

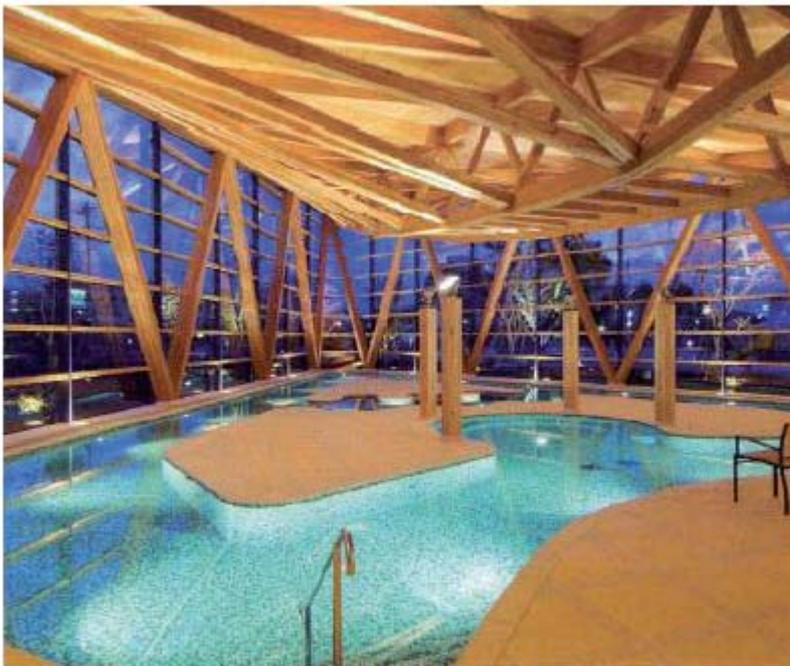


写真2-2006年に建設された屋内プール

1980年代には大規模木造構造体の建設方法の開発が積極的に進められたが、木造建築が「耐火建築物」カテゴリーに分類されたことでその利用にブレーキがかかった。その後、この分野における米国との緊張関係を受けて日本の規制は緩和され、木造建築物を「準耐火建築物」とすることが可能となり、木造の大型支持部材の使用も認められるようになった。以来、複数の大型建造物（体育館など）において木造の構造部が使用されるようになってきている。こうした利用の拡大が可能となった背景には2つの理由がある。すなわち、木造建築に対する先入観を持たない若手の構造設計技師が大規模木造建築の設計に進んで挑戦したこと、また構造部分分析プログラムが開発され、安価で入手可能となったことである。

■ ハイブリッド構造材の使用

ハイブリッド構造材を利用すれば規制上の一部制約を回避できるが、このような建物は設計が非常に難しい。構造部の計算は複雑なものとなり、複合構造についてはいずれも（小さな建物の場合であっても）その適合性評価を得なければならない。



写真 3—2002 年に建設されたコミュニティセンターにおける、木材の梁および鋼材ロッドからなる複合構造

■剛接合に関する研究

木造の高層建築物を建設するため、日本では柱の基部および柱—梁接合部における剛接合の最適化を目指す取り組みが行われている。

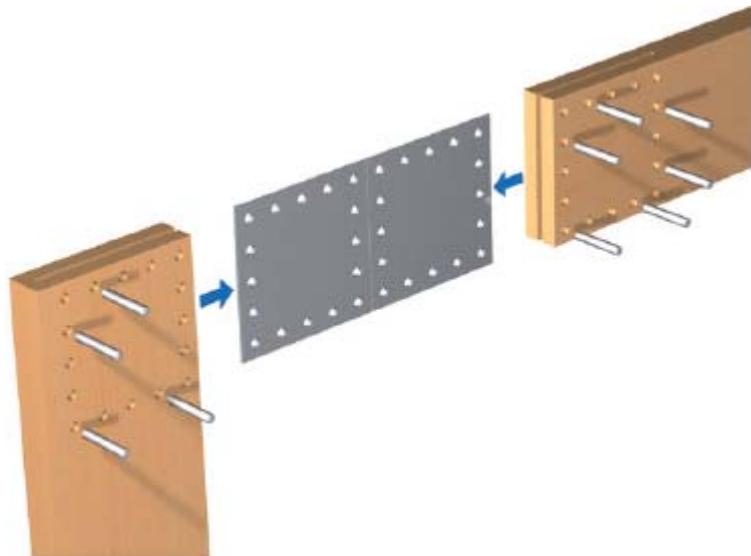


図 1—鋼板を挿入して接合される柱と梁

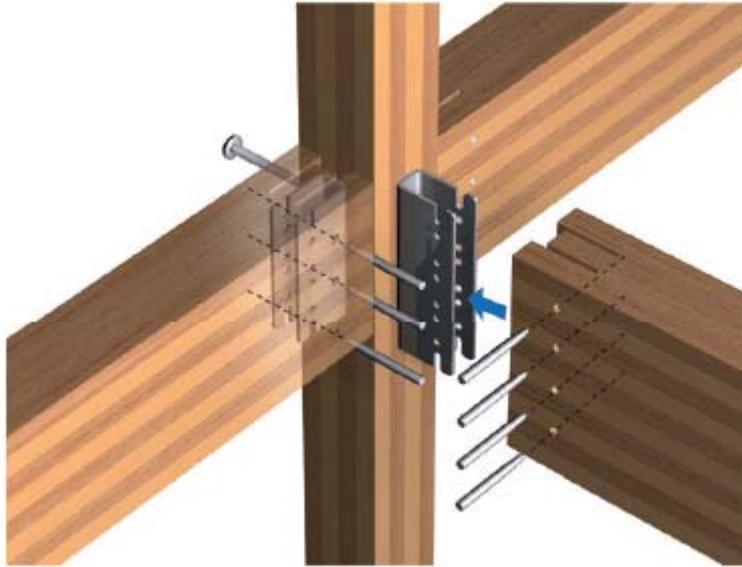


図2-金属製のジョイントにより接合される柱と梁

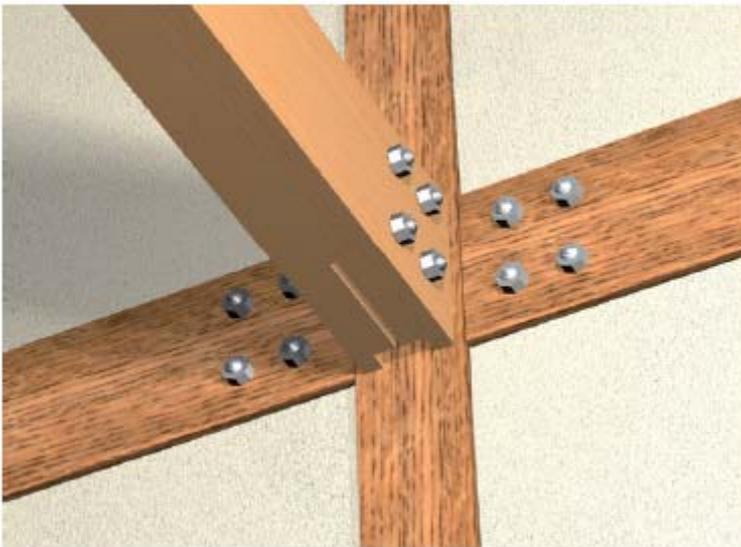


図3-ボルト等で直接接合される柱と梁

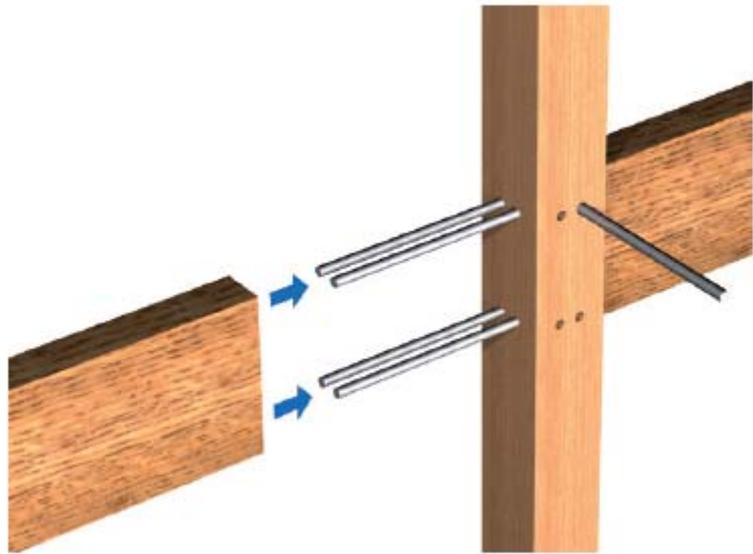


図4-鋼材の棒を挿入して接合される柱と梁

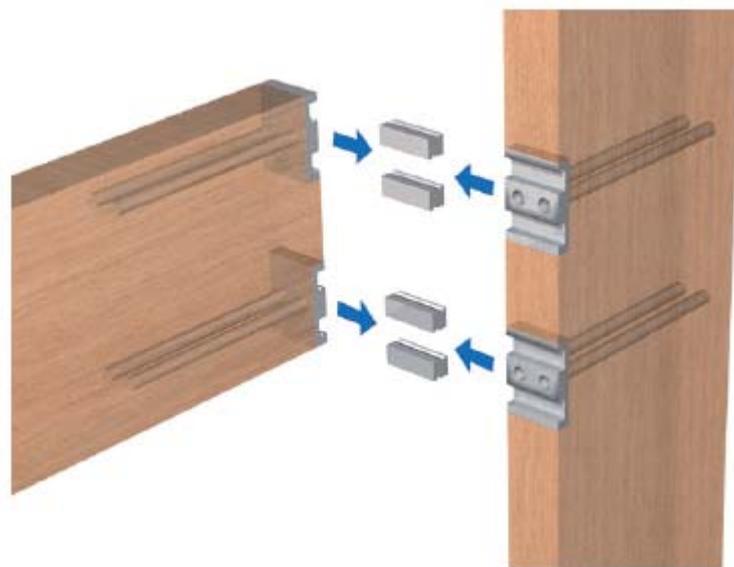


図5-ラグスクリューと中継部品により接合される柱と梁

現在日本ではラグスクリューと中継部品により柱と梁を接合する方法が多く用いられているが、これは各部材の固定を製造工場で行うことにより現場での建設作業を簡易化し、精度を上げることができるためである。

金属製のジョイントを使用する方法(図2)も日本では広く使用されており、従来式のプレカット部材に対し、この方法には以下に示す3つの大きな長所がある。

- 構造に起因するスペースの損失が少なく済む。
- プレカット用設備が比較的小さい。
- 実施に際し高いスキルを必要としない。

4.2 防火対策



写真4-建物を2つに分けることで規制に適合させることが可能。

■ 建物を2つに分ける

日本における防火関連規制は主に建物の面積をベースとしているため、大型建築物については建物を2つの部分に分けることで、規制に適合させることができる。2004年に建設された木造の展示場（上写真）などがその例で、ここでは建物を分けて各部を廊下で結ぶことにより、これを規制に準拠させることが可能となっている。

■ 木材製の構造材を耐火材料で包む

日本の建築基準法は木造高層建築物の建設を禁止していた。こうした制約を回避するためには、木材製の構造材を耐火材料（石膏ボードなど）で覆い、耐火性能を向上させることが考えられる。



図6-石膏ボードで覆われた木材製の構造材

■ 補助的構造材を設計する

火災が発生すると、構造材はその表面の一部を失う。ここで提案される方法とは、焼け残った部分が構造部分を十分支持できるように構造材を設計することである。これはユーロコード5「火災」の部と同様のアプローチである。



図7-火災の場合、焼け残った部分が構造部分を十分支持できる。

■ ハイブリッド材料を使用する



図8-ハイブリッド材料の例



図9-手法C

この木材製ハイブリッド材料は、耐火構造材（耐火1時間）として使用可能である。手法（a）は、床、梁、および壁を石膏パネルで覆うというものである。この方法は住宅建築に適用されるケースが大半だが、オフィスビルなどにもその利用を拡大することができる。木材のみによる手法（b）は、不燃処理された木材を使用するというもの。また手法（c）は、木材を用いて鋼材構造を火災から保護するというものである。

■ 複合構造

防火関連規制による制限に適合させるため、日本では例えば1階はコンクリート造、上階は木造といった複合構造の建物が建設されている。

結論

日本は木造建築の発展に関して、フランスと同様の問題を抱えている。

- 建築用木材の大半が輸入されている。
- 森林開発事業が非常に細分化されている。
- 木造建築技術に関する若い世代の教育面に問題がある。
- 厳しい規制に適合させるためには技術面に弱さがあり、これに起因する限界が存在する。

しかし、日本にはフランスとは明らかに違う点もある。

- 古くからの木造建築文化がしっかりと受け継がれている。
- フランスに比べ、政府がより積極的に木造建築を推奨している。
- 部材の事前加工技術が非常に発達しており、これにより施工が最適化されている。
- 民間、公的機関を問わず、木造建築分野に多額の研究費が投入されている（実大火災試験、民間企業が多数の試験台を保有しているなど）。

参考文献

- － フランスの木造建築市場－パトリック・モリニエーFCBA、2012年6月
- － フランスの木造建築技術／産業界の組織について－パトリック・モリニエーFCBA、2012年6月
- － 木造建築分野の技術及び規制、脅威と機会－ステファン・アムリーCSTB、2012年6月
- － 日本における木造建築の概況－松川隆行－(財)日本住宅・木材技術センター、2012年6月
- － 日本の住宅市場における木造住宅の位置づけとこれまでの合理化の経緯について－松村秀一－東京大学大学院、2012年6月
- － 日本の林業復興の観点からの木造建築の促進－赤羽元－林野庁、2012年6月
- － 日本における木造建築規制の変遷－笹井俊克－(一財)日本建築センター、2012年6月
- － 最近の木造建築の事例紹介－大橋好光－(社)木を活かす建築推進協議会、2012年6月
- － 木造建築物の中層化に関する建築研究所の研究プロジェクトについて－中島史郎－(独)建築研究所、2012年6月
- － 木質系耐火構造の開発と木造建築物の火災安全設計事例－萩原一郎－(独)建築研究所、2012年6月
- － RH構法とAKジョイント－(株)市浦ハウジング&プランニング、2012年6月
- － ミサワホームの『4つの育む』－ミサワホーム(株)、2012年6月
- － 暮らし継がれる家－三井ホーム－2012年6月
- － BF構法 大断面集成柱を用いた木質梁勝ちラーメン構法－住友林業(株)、2012年6月

写真提供者

写真 5 : Stéphane Hameury
 写真 6 : Rachel Desmaris
 写真 7 : Eric Le Villain
 写真 8 : Eric Le Villain
 写真 9 : Eric Le Villain
 写真 10 : Eric Le Villain
 写真 11 : Eric Le Villain
 写真 12 : Eric Le Villain
 写真 13 : Eric Le Villain
 写真 14 : Eric Le Villain
 写真 15 : Eric Le Villain
 写真 16 : Eric Le Villain
 写真 17 : Eric Le Villain
 写真 18 : Eric Le Villain
 写真 19 : Robert Baroux

写真 20 : Robert Baroux
 写真 21 : Eric Le Villain
 写真 22 : Eric Le Villain
 写真 23 : Eric Le Villain
 写真 24 : Eric Le Villain
 写真 25 : Eric Le Villain
 写真 26 : Eric Le Villain
 写真 27 : Eric Le Villain
 写真 28 : Eric Le Villain
 写真 29 : Eric Le Villain
 写真 30 : Eric Le Villain
 写真 31 : Eric Le Villain
 写真 32 : Eric Le Villain
 写真 33 : Eric Le Villain
 写真 34 : Eric Le Villain
 写真 35 : Eric Le Villain

写真 36 : Eric Le Villain
 写真 37 : Eric Le Villain
 写真 38 : Eric Le Villain
 写真 39 : Eric Le Villain
 写真 40 : Eric Le Villain
 写真 41 : Eric Le Villain
 写真 42 : Eric Le Villain
 写真 43 : Eric Le Villain
 写真 44 : Eric Le Villain
 写真 45 : Eric Le Villain
 写真 46 : Eric Le Villain
 写真 47 : Eric Le Villain
 写真 48 : Eric Le Villain
 写真 49 : Stéphane Hameury
 写真 50 : Stéphane Hameury

付属資料 1—新築された木材会館

東京木材問屋共同組合

プロジェクトの当初目的：国内外における木材の利用促進

プロジェクトの概要：

- 竣工：2009年
- 建物の日本名：木材会館
- プロジェクト詳細：7階建て
- 木造・コンクリート複合構造
- 設計者：日建設計
- 日本産の木材 1,000 m³ を使用
- 施工期間 2年、調査研究期間 2年
- 6,000 €/m²



写真5—木材会館前広場

■ 会議室：300 席



写真 6—不燃処理された木材製の梁—径間 27 m（金属製の骨組み不使用）



写真 7—天井：ヒノキの構造部と屋外に面したガラス窓

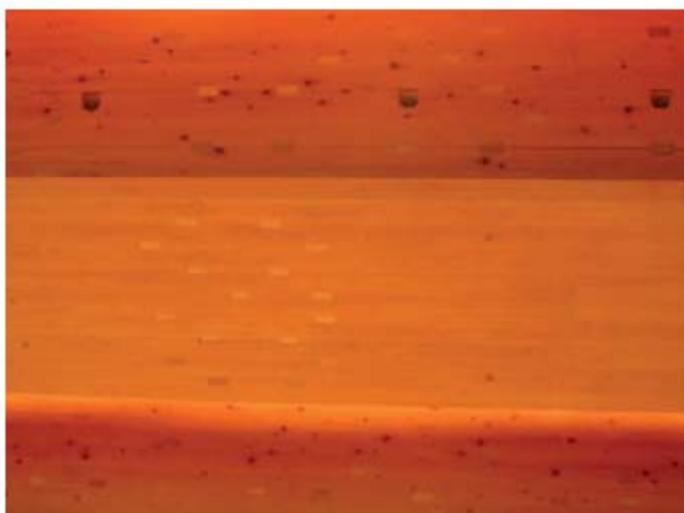


写真8ー梁：接着剤不使用、木栓を使用（12 cm × 2 cm）



写真9ーブナの寄木張りの床／サクラの木の舞台



写真10ー建物の最上階（7階）（天井高5.7 m）

■ テラス



写真 11—木材の床面の色は、時間の経過とともにコンクリート構造材の色に近づいていく。



写真 12—ヒノキの想定耐久年数は20年間

■ オフィスフロア（訪問時には空室）



写真 13—借主の希望に合わせて調整可能な広いフロア（カーペット敷きの床。床面に電気プラグ）



写真 14—金属製の支持構造部—排煙システムの使用により認可された、天井面への木材の利用

■ ホールおよび共用部



写真 15-エントランスホールに置かれた木の彫刻



写真 16-レセプションホール。周囲よりわずかに高くなっている演壇と凹凸装飾を施した木製壁面。



写真 17—階段ステップの仕上げ例



写真 18—階段手すりの仕上げ例

付属資料 2： ウッドスクエアーポラテック

ポラテックは構造材およびプレカット材木を取り扱っており、日本最大のオートメーション・プレカット工場を有している。生産ラインを通じて製品のチェックを繰り返すことで、同社は高い評価を得ている。

工場では各部材を大量生産および注文生産している。

ポラテックの工場では、ポラスグループおよびその顧客向けに、年間 2 万戸相当の生産を実施している。

ポラスグループおよびその子会社による年間建設戸数は合計 3,000 戸に達する。



写真 19—ポラテックの建築資材工場の生産ライン



写真 20—ポラテックの建築資材工場

■ ポラテック本社

プロジェクト概要：

- 2012年3月竣工
- 国の補助金を利用
- 木材・鋼材の複合構造
- ポスト／ビーム
- 4階建て-6,600 m²
- ショールームおよび娯楽スペース



写真21-ポラテック本社のデモンストレーション用構造材



写真22-ポラテック本社で使用される調度類の細部



写真23-ポラテック本社の受付ロビー

■ デモンストレーション用構造材



写真 24ー力学的接合により棟の合掌部分における連続性を維持



写真 25ー金属製タイロッドによる耐震用壁体補強金物の再現



写真 26ーカット工場で行われる木材同士の接合



写真27-X型に組まれた木材と中間部の金属製タイロッドにより実現される補強柱間帯



写真28-金属製トラスにより狭い窓間壁に設けられた補強柱間帯

■ 紹介された建築手法の例



写真 29—シリコンペーパー上のリブメタルラス（外側塗り壁下地）



写真 30—シリコンペーパー上のリブメタルラス（外側塗り壁下地）および骨組みの縦材間の断熱材



写真 31—金属製の板とピンを用いた「目につかない」力学的接合



写真 32 一桁上への垂木の接合を可能とする 3D コネクター



写真 33 金属製の板とピンを用いた「目につかない」機械的接合

付属資料 3：住宅建設地ーポラスグループ

プロジェクト概要：

- ー 面積 100 m²の住宅 43 戸
- ー 1 戸あたり原価 100,000 円、設備完備済みの住宅販売価格 360,000 円
- ー 地方自治体主導によるプロジェクト
- ー 施工期間は 1 戸あたり 2 ヶ月、分譲地全体で 12 ヶ月を予定
- ー 2 住宅間の距離：90 cm（規制では最低 70 cm 以上を義務付け）



写真 34ー分譲地の全体模型



写真 35ー「フットパス公園」と称する分譲地の中央路地

■ 基礎-2 階建て個人住宅

写真 36-基礎部分/床下空間上の鉄筋コンクリート製最下床の設置



写真 37-基礎の壁型枠、全体像および床下空間上のコンクリート製最下床設置と鉄筋の位置決め



写真 38-木造枠組み壁の設置を待つアンカーロッド



写真 39—基壇の壁型枠



写真 40—基壇の壁型枠



写真 41—基壇の壁

■ 正面

タイプ 1 :



写真 42—タイプ 1 個人住宅の複合材料正面外壁部材



写真 43—タイプ 1 個人住宅の細部



写真 44—タイプ 1 個人住宅の全体像

タイプ 2 :



写真 45-タイプ2 個人住宅の複合材料正面外壁部材



写真 46-タイプ2 個人住宅の正面外壁部材細部



写真 47-タイプ2 個人住宅の細部

付属資料 4：住友林業株式会社

住友林業株式会社は、自社所有の研究センター筑波研究所を擁する民間企業である。

この研究所では以下の5つの主な研究分野を取り扱っている。

- － 住宅部門
- － 建設資材部門
- － バイオ資源部門
- － テクノセンター
- － 情報提供サービス&ライブラリー



写真 48－住友林業を訪問した日仏木造フォーラム参加者を歓迎するウェルカムボード

付属資料 5：三井ホームの展示用建物（建設中）



写真 49—建設中の三井ホームの建物。「マルチ世代」住宅の建設可能性を示す展示用建築物

この展示用住宅は東京都の墨田区に建設されたものである。墨田区はその半分以上が都市計画における火災の危険度が高い地域に指定されており、こうしたリスクのある地区では、日本の規制に定める「耐火建築物」カテゴリーに分類される建物を建設する義務がある。この「耐火建築物」は鉄骨または鉄筋コンクリートを用いて建設されることが多い。延べ面積 100 m² を超える木造住宅の建設は禁止されていたが、2004 年以降はこれを耐火建築物とすることを条件に許可されるようになった。全国規模の統計によると、2012 年には 1,000 戸以上の木造耐火建築物が建設されており、上の写真はその一例である。この木造枠組壁構法による 4 階建て展示用建物は、日本で最も多い建築形態（すなわち都市部における 3~4 階建て建築）をとる木造建築の普及を促進するためのものである。

付属資料 6：フォーラム参加者一覧



写真 50—BCJ、BRI、CSTB、FCBA の代表

日本側参加者：

関係機関

— 一般財団法人日本建築センター（BCJ）

理事長	松野 仁
専務理事	笹井 俊克
国際部担当部長	寺川 ときは
国際部	細田 菜奈子

— 独立行政法人建築研究所（BRI）

理事長	坂本 雄三
理事長	西山 功

発表者

— 学者・研究者

東京大学大学院教授	松村 秀一
(社)木を活かす建築推進協議会代表理事	大橋 好光
BRI 防火研究グループ上席研究員	萩原 一郎
BRI 建築生産研究グループ上席研究員	中島 史郎

— 公的機関

林野庁林政部木材産業課課長補佐	赤羽 元
(財)日本住宅・木材技術センター専務理事	松川 隆行

— 民間企業

ポラスグループ代表	中内 晃次郎
ポラスグループ理事	笠原 高治
住友林業(株)顧問	能勢 秀樹
住友林業(株)技術部技師長	逢坂 達男
三井ホーム(株)常務	河合 誠
三井ホーム(株)技術企画部部長	清野 明
ミサワホーム(株)常務取締役	平田 俊次
(株)市浦ハウジング&プランニング	田中 純一

フランス側参加者：

関係機関

CSTB 研究開発本部次長	Robert BARROUX
安全構造防火部課長代理	Stéphane HAMEURY
国際部事業担当係長	Rachel DESMARIS
木造建築産業部建築担当課長	Patrick MOLINIE

参加者

Société Tegula	ADELSON Marie helene
—	ALBERT Eric
NEXITY	BOUQUET Stéphane
Bouygues Batiment IDF	DA SILVA MEIRA Carlos Alberto
Bouygues immobilier	EGO Vincent
Bourbon bois	FRITSCH Joffrey
Govin et Govin et Carew Kelly Architects	GOVIN Eric
Govin et Govin	GOVIN Franck-Yves
Société Tegula	IATTONI Joel
Les Toitures Montilliennes	JOLY Guillaume
SAS Charpindus	VILLAIN Eric LE
Bourbon evaluations & services	LEBLOND Philippe
Orlhac sarl	ORLHAC André
Orlhac sarl	ORLHAC Jean pierre
Soissons architecte	SOISSONS Yves
Simpson Strongtie	STAUBER Denis

日本の木造建築セクター

本報告書は、建築科学技術センター（CSTB）と森林・セルロース・建築木材・家具技術研究所（FCBA）が日本建築センター（BCJ）との連携により 2012 年 6 月に実施した専門家の日本派遣事業の実施期間中に習得した情報の総括である。本シンポジウムを通じて、当該セクターにおける日本とフランスの類似点および相違点が浮き彫りとなった。

木造建築の発展に関しては、以下に示すように日本もフランスとほぼ同じ問題を抱えている。

- 建築用木材の大半が輸入されている。
- 森林開発事業が非常に細分化されている。
- 木造建築技術に関する若い世代の教育が不十分。
- 非常に厳しい規制に適合させるためには、技術面に弱さがある。

しかし、日本にはフランスとは明らかに違う点もある。

- 古くからの木造建築文化がしっかりと受け継がれている。
- フランスに比べ、政府がより積極的に木造建築を推奨している。
- 個人住宅の大部分（2010 年に 84%）が構造材に木材を用いている。
- 部材の事前加工技術が非常に発達しており、これにより施工が最適化されている。
- 民間、公的機関を問わず、木造建築分野に多額の研究費が投入されている。
- 日本は建築物の安全性確保というテーマ（構造部の接合方法、耐震、耐火）を、快適性に関連する技術（温湿度、断熱および防音）よりも重要視しているようである。

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33)01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction