官庁施設における木造耐火建築物の整備手法に関する検討
中間とりまとめ（案）　目次

Ⅰ．はじめに
　　検討の背景・目的　・・　1

Ⅱ．木材を利用した耐火構造の整理
　１．防耐火関連法令の整理　・・・
　　⑴　位置と規模による制限
　　⑵　耐火時間による階数の制限
　２．耐火構造の技術的手法の整理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
　　⑴　耐火建築物が満足すべき技術的手法
　　⑵　木造を利用した場合の適合ルートＡ～Ｃの比較
　　⑶　適合ルートＡの大臣認定を受けた構造方式の整理
　　⑷　適合ルートＢ・Ｃ（耐火性能検証法等）手法の概要

Ⅲ．フィージビリティスタディ
　１．検討の流れ　・・・
　２．混構造の技術的手法の整理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
　３．組合せの検討　・・
　　⑴　構造計算について
　　⑵　施行等について
　　⑶　工期について
　４．ケーススタディのモデルプラン　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

Ⅳ．ケーススタディ
　１．施設概要　・・
　　⑴　コンセプト
　　⑵　施設概要
　２．採用する部材の検討　・・・
　　⑴　外壁
　　⑵　床及び天井
　　⑶　間仕切壁
　　⑷　水平抵抗要素

３．スパンの検討　・・・
４．構造検討の概要　・・
５．設備検討の概要　・・
６．図面　・・
⑴　タイプＡ
⑵　タイプＢ
⑶　木造の耐火建築物等特有の部分詳細図< P >
ⅰ.外壁　－　２重天井
ⅱ.竪穴区画（吹き抜け部、防火シャッター）
ⅲ.カーテンウォール部
ⅳ.竪穴区画（吹抜け部）
Ⅴ.外壁の納まり
Ⅵ.カーテンウォール、区画庇、木製マリオンの納まり
Ⅶ.RC 部分との接合
７．評価　・・

Ⅰ．はじめに

１．背景・目的

平成 22 年５月、「共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（以下「法」という。）が成立し、「木材に対する需要の増進に資するため、自ら率先してその整備する公共建築物における木材の利用に努める」ことが国の責務となった。

そして、法に基づく「公共建築物における木材の利用の促進に関する基本方針」（以下「基本方針」という。）において、建築基準法その他の法令に基づく基準において耐火建築物とすること等が求められていない低層の公共建築物について、原則としてすべて木造化を図ることが目標として定められた。

木造化の対象が「耐火建築物とすること等が求められていない低層の公共建築物」であるのは、公共建築物を木造の耐火建築物とするのは、現時点では技術的難易度が高いうえ他の構造形式に比べコスト面の課題があること等による。

一方、基本方針では、耐火建築物とすること等が求められる公共建築物であっても、「木造の耐火性等に関する技術開発の推進や木造化に係るコスト面の課題の解決状況等を踏まえ、木造化が可能と判断されるものについては木造化を図るよう努める」とされており、公共建築物における木材の利用をより一層推進するためには、木造の耐火建築物の検討が不可欠である。

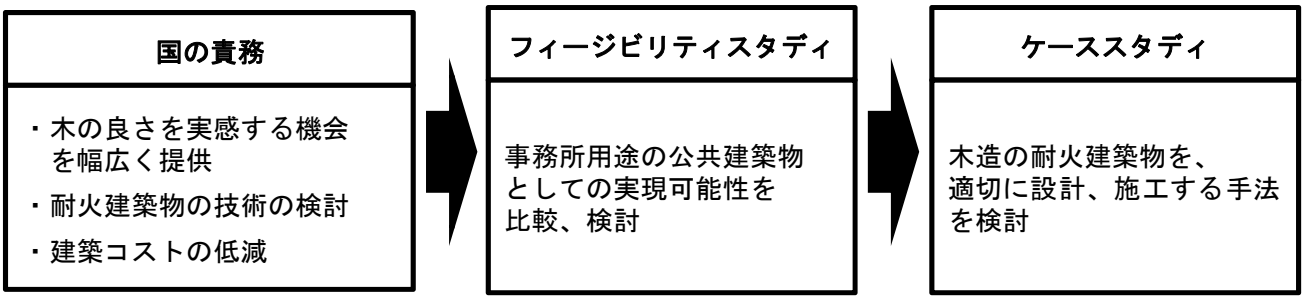
そこで、国土交通省では、平成 23、24 年度の２か年で、学識経験者からなる検討会を設置し、木造の耐火建築物に必要な耐火構造の部材の開発状況や課題等を整理するとともにケーススタディを行うなど、公共建築物を木造の耐火建築物とするために必要な検討を行うこととした。

２．検討の概要

（１）検討事項

木造耐火建築物について、「木の良さを実感する機会を幅広く提供する公共建築物の役割」、「建築コストの低減」、「高度な耐火・混構造の技術」の観点から、フィージビリティスタディ（事務所用途の公共建築物としての実現可能性を比較、検討）を行った上でケーススタディを行い、適切に設計、施工する手法を検討することとする。

検討の流れ



（２）検討体制

長谷見雄二氏（早稲田大学理工学術院）を座長とする「官庁施設における木造耐火建築物の整備手法の検討会委員」※を設置した。

※官庁施設における木造耐火建築物の整備手法の検討会委員（五十音順）

座長

長谷見　雄二	早稲田大学理工学術院　教授

委員

稲山　正弘	東京大学大学院農学生命化学研究科　准教授
腰原　幹雄	東京大学生産技術研究所　准教授
杉本　洋文	東海大学工学部建築学科　教授
萩原　一郎	建築研究所防火研究グループ　上席研究員
安井　昇	早稲田大学理工学研究所　客員研究員

（３）スケジュール

第１回検討委員会（平成 22 年 10 月５日）

検討の目的・背景、木材を利用した木造耐火建築物の法令及び技術的手法の整理、今後のスケジュール

第２回検討委員会（平成 22 年 12 月１日）

フィージビリティスタディの検討、ケーススタディの方向性の確認

第３回検討委員会（平成 23 年２月２日）

ケーススタディの検討、中間とりまとめの構成の検討

第４回検討委員会（平成 23 年３月 12 日）

ケーススタディの確認、中間とりまとめ目次の確認

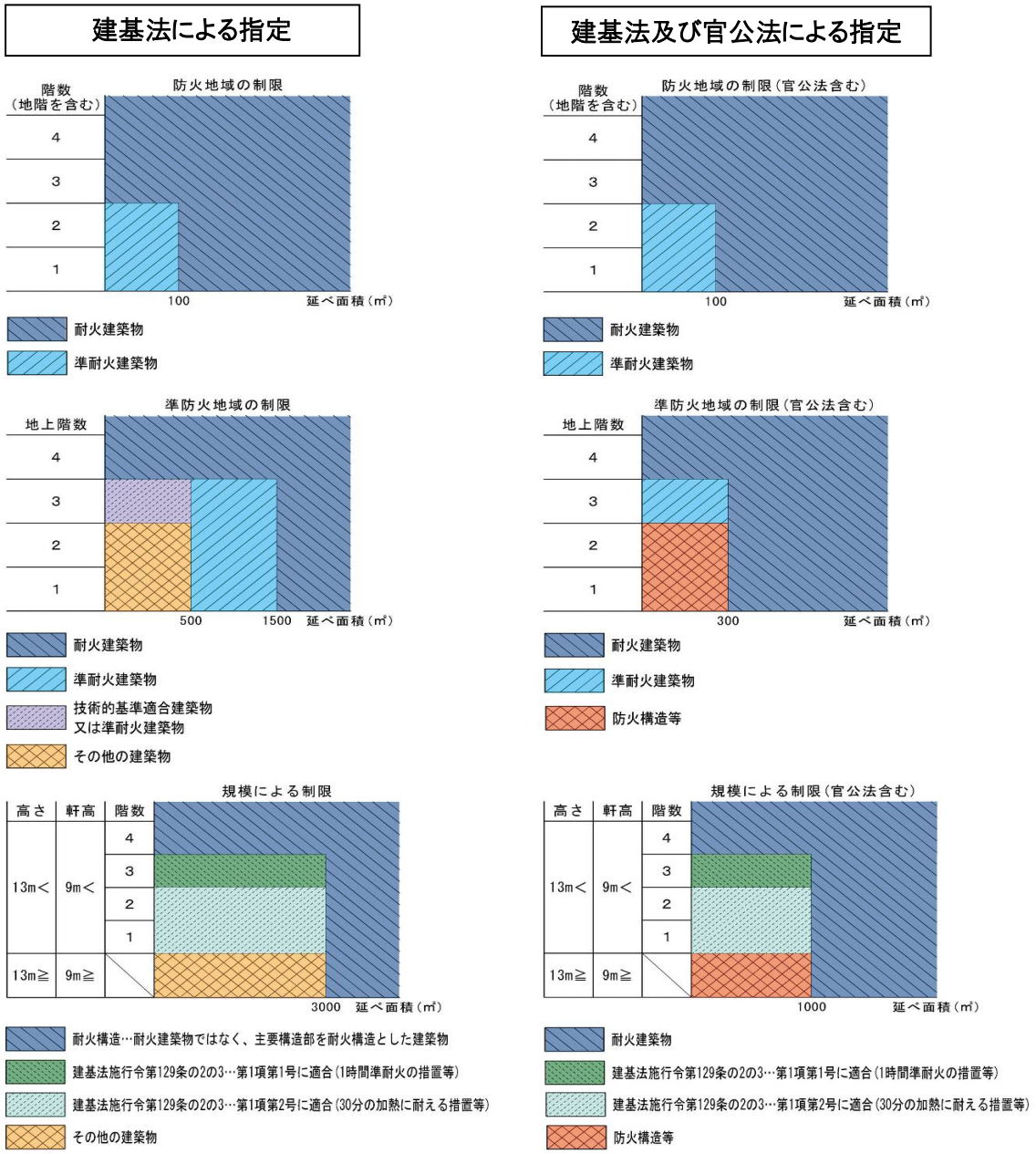
Ⅱ．木造による耐火構造の現状

１．関係法令における防耐火の規定

(1) 防耐火に係る地域・区域と建築物の規模による制限

建築物に求められる防耐火の性能は、建築基準法により耐火建築物、準耐火建築物等に区分され、建築物の敷地における防耐火に係る地域・区域の指定、建築物の用途及び建築物の規模に応じて指定されている。

官庁施設の場合は、建築基準法に加えて官公庁施設の建設等に関する法律が適用される。官庁施設の主要な用途である事務所用途の建築物の場合の、建築基準法による指定、建築基準法及び官公庁施設の建設等に関する法律による指定は、図Ⅱ－●のとおりである。

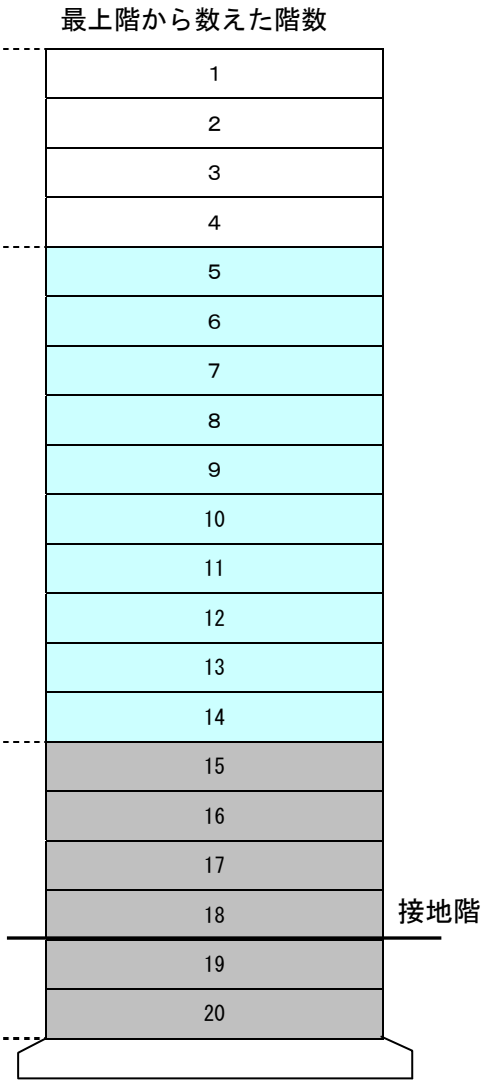


図Ⅱ－●　事務所用途の建築物における防耐火の指定

(2) 階数による耐火時間の制限

建築物の部分に求められる耐火性能は、建築基準法施行令第 107 条において規定されており、当該部分に通常の火災による火熱がそれぞれ表Ⅱ－●に掲げる時間加えられた場合に，構造耐力上支障のある変形，溶融，破壊その他の損傷を生じないものであること等が求められる。

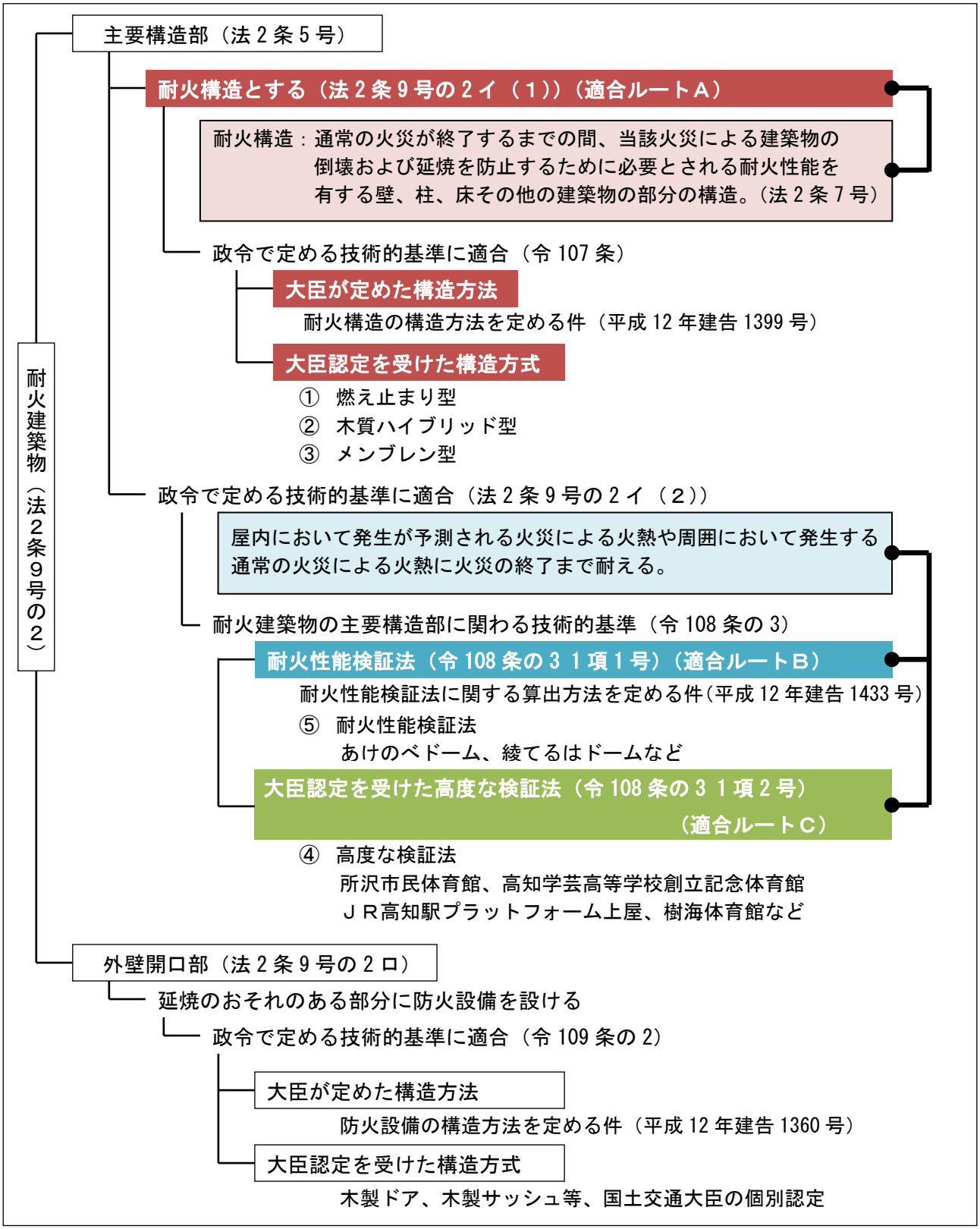
建築物の部分 ／ 建築物の階	壁				柱	床	はり	屋根
	間仕切壁	外壁						
		耐力壁	非耐力壁					
			延焼のおそれのある部分	延焼のおそれのある部分以外の部分				
最上階及び最上階から数えた階数が２以上で４以下の階	１時間	１時間	１時間	１時間	１時間	１時間	１時間	30分
最上階から数えた階数が５以上で14以下の階	２時間	２時間	１時間	１時間	２時間	２時間	２時間	30分
最上階から数えた階数が15以上の階	２時間	２時間	１時間	１時間	３時間	２時間	３時間	30分



表Ⅱ－●　建築物の部分に求められる耐火性能

２．耐火構造の技術的手法の整理

(1) 耐火建築物が満足すべき技術的要件



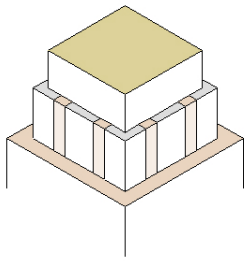
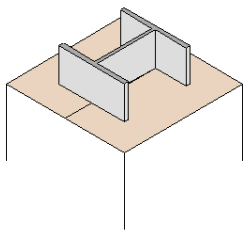
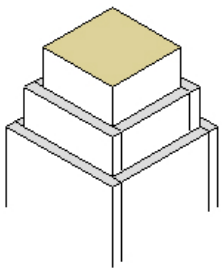
［出典：木造建築のすすめ：木を活かす建築推進協議会より］

(2) 木材を利用した場合の適合ルートＡ～Ｃの整理

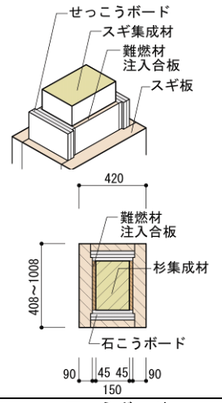
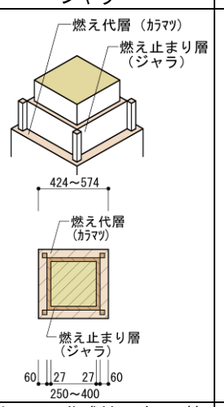
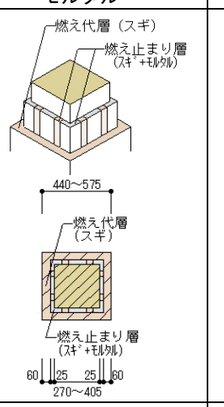
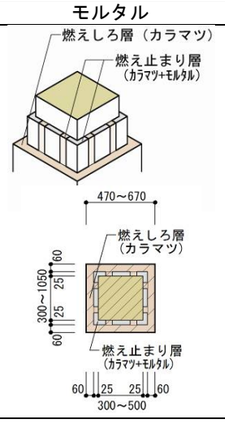
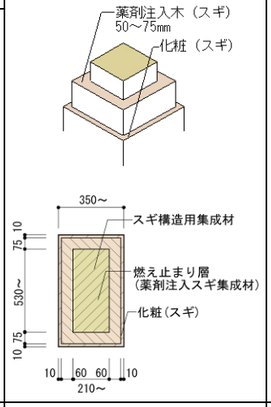
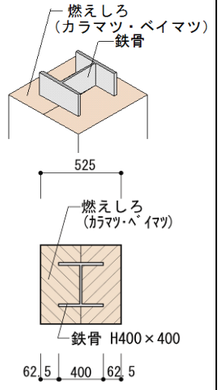
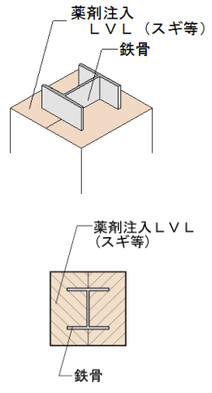
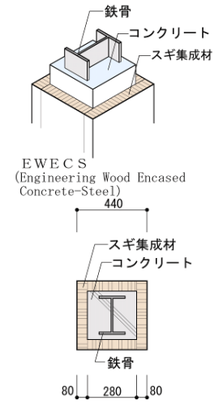
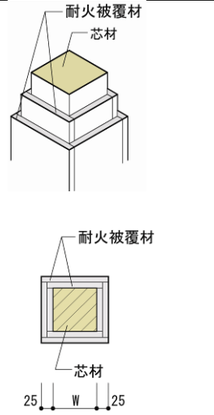
	適合ルートＡ	適合ルートＢ	適合ルートＣ
ルートの概要	主要構造部に告示の例示仕様、又は大臣認定構法を使用する。	Ｈ12 建告第 1433 号で定められた耐火性能検証法を用いて主要構造部の非損傷性、遮熱性、遮炎性を確かめる。	国土交通省が指定した性能評価機関が高度で専門的な知識より性能を確かめる。
	法２条９号の２イ（１）	法２条９号の２イ（２） 令 108 条の３　１項１号	法２条９号の２イ（２） 令 108 条の３　１項２号
木材を利用する場合のポイント	・右記の理由により通常の事務室程度の天井高さの建物はルートＡを採用するしかない。 ・告示の例示仕様には木材を利用したものが無いため大臣認定工法を採用する必要がある。 ①燃え止まり型 ②木質ハイブリッド型 ③メンブレン型	・室面積、天井の高さが必要であり、事務室用途では実質的に採用不可能である。 ①柱、はりの小径 20ｃｍ以上 ②開放性の高い空間で火災温度が低い ③木造部材が使えるのは床面からの高さが　5.55m 以上　等 （出典『耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説』海文堂出版）	・室面積、天井の高さが必要であり、事務室用途では実質的に採用不可能である。 ・準耐火構造で燃えしろ設計でする場合と比較すると、燃えしろを不要とすることで、部材寸法を細くしたり、ボルトを露出させたりできる場合がある。
確認申請等の手続きの流れ	・通常の確認申請と同じ。 確認申請 ↓ 審査 ↓ 確認済証	・期間は一般的に適合ルートＡより長く適合ルートＣより短くなる。（最長 70 日） ・確認申請手数料は通常の２割増となる。 （代表的な審査機関の場合） 性能評価資料作成 ↓ 確認申請 ↓ 審査 ↓ 建築主事等による適合判定 ↓ 確認済証	・建築主事等による確認申請の前に性能評価機関による審査を受け、大臣認定の申請を行う必要がある。 ・期間は一般的に一番長い。 ・性能評価の手数料は、延床面積 500～3,000 ㎡の場合に 45 万円。 （代表的な性能評価機関の場合） 性能評価資料作成 ↓ 性能評価申請 ↓ 性能評価委員会 ↓ 性能評価書 ↓ 大臣認定申請 ↓ 大臣認定書 ↓ 確認申請 ↓ 審査 ↓ 確認済証
配慮事項	・公共発注の場合、特定の者に発注が偏らないよう工夫が必要。	・適合ルートＣに比べ、設計の自由度が小さい。	・高度な工学的知識が必要。
事例	・メンブレン型は住宅用を中心に多数の事例あり。	・天井の高いドーム建築、体育館等での採用が多い。	・天井の高いドーム建築、体育館等での採用が多い。

(3) 適合ルートＡの大臣認定を受けた構造方式の整理

① 耐火集成材等の構造方式の整理

	木材利用の意義	高度な防耐火技術	コスト
	木の良さを実感する機会を幅広く提供するのが公共建築物で木材利用を推進する意義であることを踏まえ、構造方式を選択する必要がある。	防耐火技術の開発と普及の現状を考慮する必要がある。	必要な性能、機能等を確保した上で、工事費やライフサイクルコストを適切に管理することが求められる。
燃え止まり型 	木の部材を見せることができる。 スギで大臣認定取得しているものが多数。	大臣認定：取得済 実施例：　なし 設計マニュアル： 未整備 技術的課題の解決が必要。	薬剤注入を使用しているものは、高価となると推測される。また、燃えしろ層、燃え止まり層に構造耐力も負担させられないため部材が大きくなる。
木質ハイブリッド型 	木の部材を見せることができる。 ただし、木部分に構造耐力を負担させる手法が一般化していない。 スギは開発中。	大臣認定：取得済 実施例：　2例 設計マニュアル： 整備済み 技術的なハードルが解決されつつある。	Ｓ造の一般的な耐火被覆材と比較して、高価となる。 木部分に構造耐力を負担させる手法が一般化しておらず、鋼材使用量を減らすことが困難。
メンブレン型 	木の構造材は石こうボードに覆われて見えない。 表面に木の仕上材を張るか、水平力のみを負担する部分を露出させる等の工夫が必要。	大臣認定：取得済 実施例：　数多し 設計マニュアル： 整備済み 3種のなかでは、採用する技術的なハードルが最も低い	準耐火構造の延長上にある技術なので、コスト低減が図りやすい。

② 木材を用いた耐火構造の部材の開発状況

		燃え止まり型				木質ハイブリッド型			メンブレン型
	耐火木質ラーメン研究会	大林組、竹中工務店		竹中工務店	東京農工大学、森林総合研究所、鹿島建設	日本集成材工業組合	新日鉄エンジニアリング アサノ不燃木材	森林総合研究所、大阪大学	日本ツーバイフォー建築協会 日本木造住宅産業協会
		ジャラ	モルタル	モルタル					
形状									
名称	石こうボード、難燃剤注入合板被覆型	カラマツ集成材・ジャラ被覆	スギ集成材・モルタル被覆	カラマツ集成材・モルタル被覆	難燃処理スギ集成材被覆	木質ハイブリッド集成材	―	―	―
構造	木造	木造	木造	木造	木造	鉄骨造	鉄骨造	鉄骨コンクリート造	木造
部材 芯材	スギ集成材	カラマツ集成材	スギ集成材	カラマツ集成材	スギ構造用集成材	角鋼 - H 型鋼	H 型鋼	H 型鋼	木材
部材 燃え止まり層	側部：難燃剤注入合板 上下部：石こうボード	ジャラ材	モルタル+スギ集成材	モルタル+カラマツ集成材	薬剤注入スギ集成材	カラマツ又はベイマツ集成材	薬剤注入スギ等 LVL	コンクリート	石こうボード
部材 表面材	スギ集成材	カラマツ集成材	スギ集成材	カラマツ集成材	スギ集成材	―	―	スギ集成材	仕上材
大臣認定申請者	―	㈱大林組 ㈱竹中工務店	㈱大林組 ㈱竹中工務店	㈱竹中工務店 齋藤木材工業㈱	鹿島建設㈱	日本集成材工業共同組合	―	―	日本ツーバイフォー建築協会 日本木造住宅産業協会
大臣認定認定部位年月日	―	柱（1ｈ）H18.5.16	柱　（1ｈ）H19.7.9 はり（1ｈ）H20.2.1	柱　（1ｈ）H23.12.9 はり（1ｈ）H23.12.9	柱　（1ｈ）H21.8.27 はり（1ｈ）H21.8.27	角鋼柱　（1ｈ）H16.12.10 H 型鋼はり（1ｈ）H16.10.20 H 型鋼柱　（1ｈ）H17.4.26 H 型鋼はり（1ｈ）H17.8.16	―	―	軸組構法　H16.3.12 他 枠組壁構法　H18.10.2 他
開発状況 H16（2004）						●柱・はりの大臣認定			●大臣認定（2×4 協会）
開発状況 H17（2005）			ＮＥＤＯ助成金利用			●柱・はりの大臣認定			接合部の確認
開発状況 H18（2006）		●柱の大臣認定				接合部の確認			●大臣認定（木住協）
開発状況 H19（2007）			●柱の大臣認定		柱-はり接合部の確認				接合部の確認
開発状況 H20（2008）	はりの燃え止まり確認		●はりの大臣認定						
開発状況 H21（2009）	柱の燃え止まり確認				●柱・はりの大臣認定 柱の２時間他耐火性能確認				
開発状況 H22（2010）	林野庁の事業で床とはりを確認				柱-壁、はりと天井の確認		柱の 2 時間耐火性能確認	柱の 2 時間耐火を実験で確認	
開発状況 H23（2011）	(予定)柱-はり、はり-壁、柱-壁の接合部の確認			●柱・はりの大臣認定					
開発状況 H24（2012）									
概要	・3,000 ㎡超の面積の建物と耐火1時間の屋根ばりに使うことを目的に開発をスタート。 ・石こうボードは雨に弱いため品質管理が難しい。 ・難燃剤注入合板は切口が防火上弱い。 ・両者を組合せ、工場で難燃材注入合板を組立て、現場で石こうボードを組立てることとした。	・薬剤を使わず全て木だけで構成することが開発のコンセプト。 ・高密度の樹種で炎の熱を吸収する。 ・スギとジャラ、スギとスギの圧密材の組合せでは燃え止まらなかった。	・カラマツだけでなくスギを使えるようにしたのが開発のコンセプト。 ・ジャラ材はコストが高いためモルタルと組み合わせた。 ・接合金物はモルタル部をよけて設置する。	・モルタル型で学校、店舗、事務所等の9mスパンに対応できる部材を開発した。	・スギだけで構成するのが開発のコンセプト。 ・燃え止まり層は、薬剤を均一に注入するため、ラミナにレーザーで小さな穴を開けている。 ・薬剤注入量の品質管理が重要。	・樹種はカラマツとベイマツでスギは使用できない。 ・荷重は鉄骨部が負担するため通常のS造の手法で設計が可能。 ・鉄骨部は通常の耐火被覆材を使うことで設備配管のはり貫通も可能。 ・加熱中は燃えしろが燃焼し加熱終了後、燃えしろが鉄骨の影響で燃焼停止する。	・2時間耐火を取得し、耐火性能検証法と併用することにより、ほとんどの建物で使用できる。 ・LVL に薬剤を加圧注入することで、被覆を薄くすることを目指す。	・省資源性と廃棄物のリサイクルの容易さを目指す。 ・製造時に型枠として利用する集成材をそのまま仕上げに用いる。 ・廃棄時は鉄骨からコンクリートが剥がしやすい。 ・木部分にも応力を負担させることを目指す。	・木部を石こうボード等で耐火被覆する。 ・すでに住宅では実用化し、数多く建てられている。
大臣認定の条件を満たす最大の材を用いた場合のスパン	認定なし	はりの認定なし	4.8m（※1）	9.4m 1050×500 の場合（※1）	上限なし 9.4m(1050x500 の場合)（※1）	13.9m（※2）	認定なし	認定なし	構造計算による（上限なし）
実例	・実例なし	・実例なし	・実例なし	１棟 ・商業施設（建設中）	・実例なし	３棟 ・金沢エムビル ・丸美産業本社 ・ポラテック本社	・実例なし	・実例なし	・枠組壁構法　（りんどう麻溝） ・軸組構法 （東部地域振興ふれあい拠点施設）

条件（※１）.［燃え止まり型］　間隔：3.2m　架構：単純ばり(両端ピン)　断面形状：大臣認定(認定見込)の最大寸法　変形制限：1/300　仮定荷重 ALC100mm+OA フロア 4.5kN/m2(架構用積載含む)　杉集成材：同一等級構成 E65-F255
条件（※２）.［木質ハイブリッド型］　間隔：3.2m　架構：ラーメン架構　断面形状：大臣認定(認定見込)の最大寸法　変形制限：1/300　仮定荷重 RC スラブ 150mm+OA フロア　7.8kN/m2(架構用積載含む)

③ 耐火集成材等の使用に関する制約

ⅰ 構造耐力上主要な部分としての扱い【燃】【ハ】

インサイジング、不燃処理といった２次加工した集成材は日本農林規格(JAS)では認められていないため、構造計算に当たって構造耐力上主要な部分に採用することができない。ただし、JAS の製材では、防腐防蟻の加圧注入した部材は認められている。

ⅱ 断面サイズの扱い【燃】【ハ】

部材の断面サイズは大臣認定を取得された際に決められたサイズまでしか用いることができないため、最大スパンに制約がある。

ⅲ 梁貫通の扱い【燃】【ハ】

大臣認定部材のため梁貫通はできない。そのため、設備配管のサイズ分、階高を上げる等の対応が必要である。

ⅳ 接合部の安全性の確認【燃】【ハ】

建築基準法においては接合部に対する安全性の確認は規定されていないが、一般的には柱、梁、壁・床・ブレース等の接合部における耐火性能の確認が必要である。

ⅴ 耐火集成材にとりつく部材の扱い【燃】【ハ】

燃え止まり型の部材は、大臣認定の仕様上、原則として部材にアンカーやスタッドを取り付けることができない。(ただし、燃え止まり型(薬剤注入型)については、実験により部材に間仕切壁を取り付けて必要な耐火性能があることを確認している。)

ⅵ. 木質柱、梁における内装制限の扱い【燃】【ハ】

壁面または天井面に露出する木質柱、梁等の面積が各壁面または天井面の面積の 1/10 を超える場合、内装制限の対象になる。

（Ｓ44.5.１住指発 149、昭和 45.1.31 住指発 35）

vii 木質ハイブリッド型部材における木被覆部分の扱い【ハ】

木部分に応力を負担させる方法や、座屈を拘束する効果をもたせる方法が一般化されていない。

viii メンブレン被覆の開口制限【メ】

200㎠の開口制限があるため、天井等に埋込み照明や空調機を配置する場合、仕上げ天井と区画天井を２重で張る必要があり、階高を上げる必要がある。

【燃】…燃え止まり型　【メ】…メンブレン型　【ハ】…木質ハイブリッド型

(4) 適合ルートＢ・Ｃ（耐火性能検証法等）の検討手法の概要

耐火性能検証法等は、建物の主要構造部を耐火構造としない場合でも、技術的基準に適合する場合は、その建物は「耐火建築物」とみなすことができる。そのため、耐火性能が求められる部分においても、木材を現しで使用することができるため、多様な木材の見せ方が可能となる。

適合ルートＢ・Ｃ（耐火性能検証法等）の検討手法の概要を以下に示す。

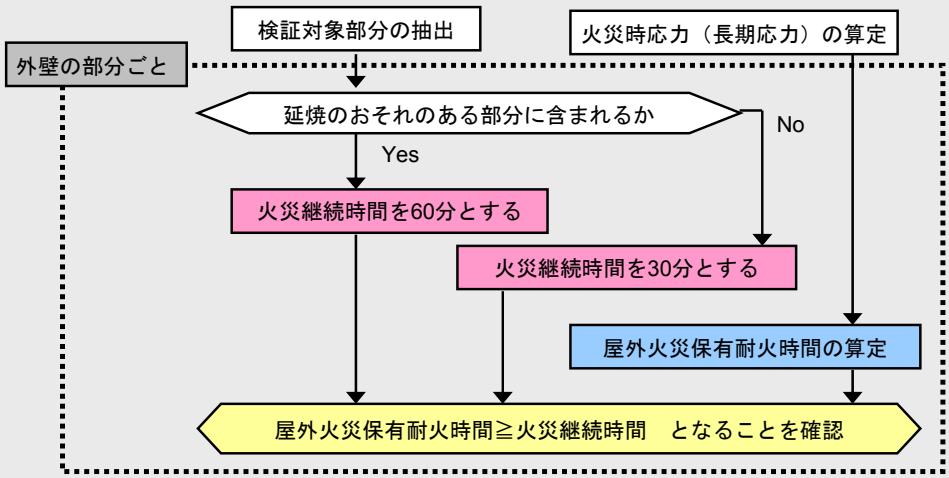
<table>
<tr><th></th><th>適合ルートＢ</th><th>適合ルートＣ</th></tr>
<tr><td>検証の概要</td><td>・検証方法は建築基準法施行令第 108 条の３第２項、建設省告示第 1433 号により規定されている。
・検証に当たっては、
①「耐火性能検証」：屋外火災及び内部火災に対する主要構造部の非損傷性・遮熱性・遮炎性
②「防火区画検証」：主要構造部の開口部に設ける防火設備の遮炎性
の２点について確認を行う。
・火災継続時間より、室や部材が保有している耐火時間が大きいことを確認する。
火災継続時間 ＜ 保有耐火時間

火災継続時間の算定のパラメーター
・用途（可燃物量）
・室の大きさ（木造部材が使えるのは床面からの高さが 5.55m以上）
・開口部の大きさ（開放性の高い空間が求められる。）
・内装・材料　等
による。
屋内火災保有耐火時間の算定のパラメーター
・被覆厚
・部材の熱容量
・構造計算結果
・材料の耐火性能（認定された耐火時間）　等
による。

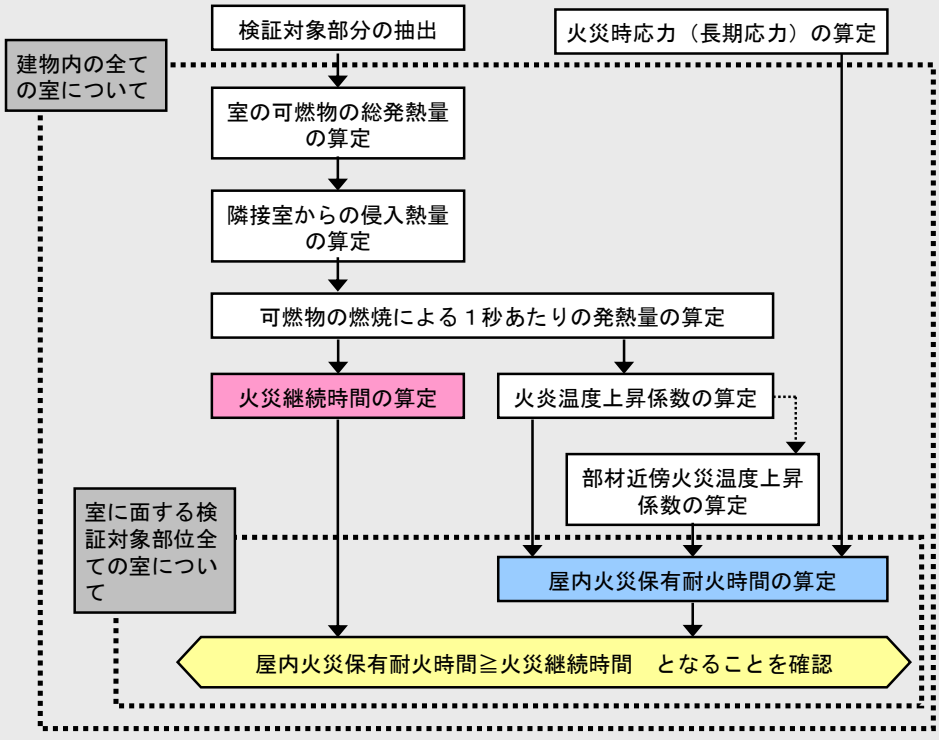
非損傷性：火災時に構造耐力上の支障となるような変形、溶融、亀裂などの損傷や、過剰な温度上昇による耐力低下を生じない性能であり、荷重支持部分が火災時に必要な耐力を保持する性能。
遮 熱 性：壁、床などの区画部材について、いずれかの面から加熱を受けたとき、それ以外の面の温度が上昇しにくい性能。
遮 炎 性：いずれかの面から火災を受けたときに反対側の面に火炎を噴出するような亀裂等を生じない性能。</td><td>・検証方法は建築基準法施行令第１０８条の３第１項第２号に基づき国土交通大臣の認可を受けた性能評価機関ごとに定める業務方法書において規定されている。
・国土交通大臣がその結果を認定する。
・シミュレーション・実験等を用いた安全性の検証をする。
・</td></tr>
</table>

耐火性能検証法の流れ

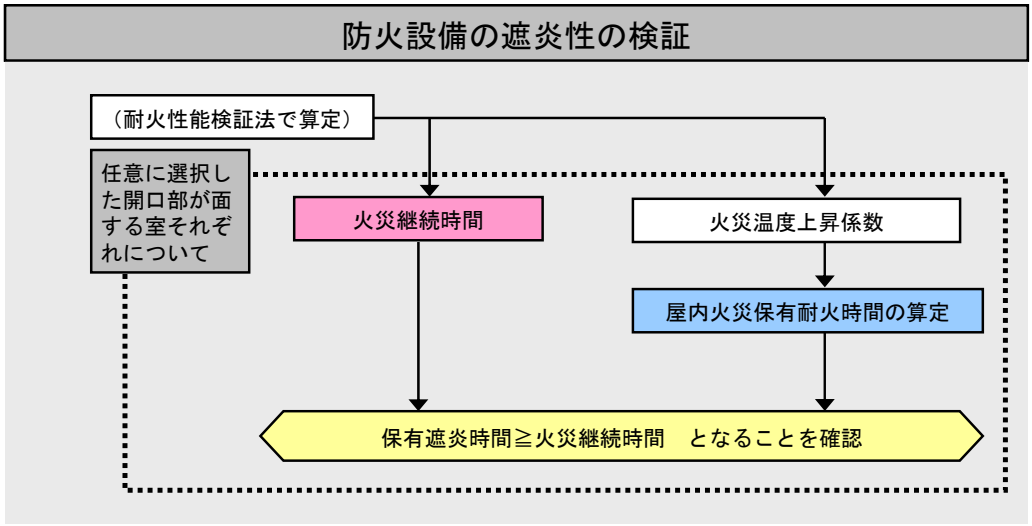
屋外火災に対する検証



屋内火災に対する検証



※適合ルートＣは、原則として適合ルートＢと同じ検証方法であるが、各部材の具体的な耐火性能（非損傷性・遮熱性・遮炎性）を証明する方法もある。

<table>
<tr><td>防火区画
検証方法</td><td colspan="2"> 

※適合ルートＣは、原則として適合ルートＢと同じ検証方法であるが、他に「想定防火区画面」を超えて延焼しないこと（具体的な防火区画性能（非損傷性・遮炎性））を証明する方法もある。
これにより吹き抜けに面する手すり面を防火区画とすることも可能となっている。</td></tr>
<tr><td>計算ソフト</td><td>・ JSCAでは耐火性能検証シート「耐火性能検証法」（建築基準法施行令第108条の３、平成12年建設省告示第1433号）に対応したエクセルの検証シートをホームページで公開している。
・ その他、有料での計算ソフトを提供している所もある。</td><td>・ 適合ルートＢのソフトを活用して計算している。</td></tr>
</table>

検証方法、流れは『耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説』（海文堂出版）を参照

Ⅲ．フィージビリティスタディ

木造の建築物が耐火建築物としての技術的要件を満たしていることを確認する手法は、Ⅱ．２．で整理したとおり、建築基準法令において適合ルートＡからＣの３通りの方法が示されている。ケーススタディの実施方針を定めるに当たっては、フィージビリティスタディ（事務所用途の公共建築物としての実現可能性を比較・検討）を行う。

１．検討の流れ

① 混構造の種類とその技術的手法の整理を行うとともに、建築物を構成する要素を抽出する。

a.　関連性が強く、組み合わせを検討する条件

混構造の種類と規模の関係
- 純木造・平面混構造（EXP. J）
- 平面混構造
- 立面混構造
- 平面＋立面混構造

建物規模
- 大規模型
- 中規模型

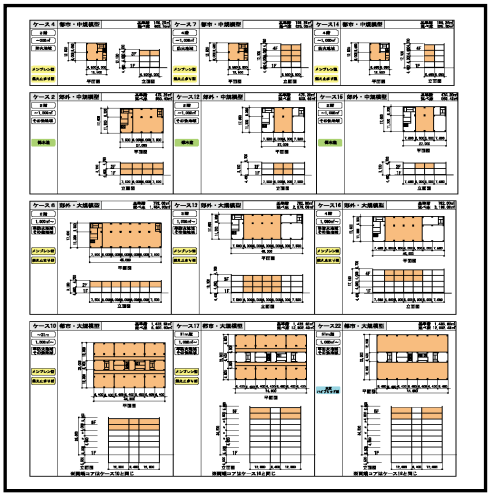
木構造系
- 燃え止まり型
- メンブレン型
- 裸木造

鉄骨造系
- 木質ハイブリッド型

b.　選択肢とする条件

・外壁面での木材利用　・屋根の形状　・耐火書庫の有無

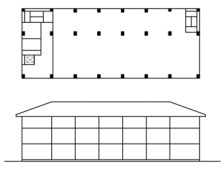
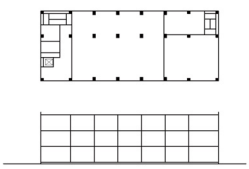
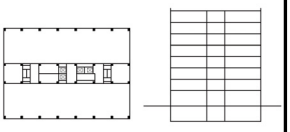
② ①で抽出した要素の組合せを検討し、絞り込むための条件により評価を行う。



c. 絞り込むための条件

- 構造・耐火について個別の評定等が必要
- 検討手法が既に整備されている
- 他のケースを検討すれば、検討不要

③ ②で評価し、ケーススタディを行うものを決める。
また、様々な納まりを検討するため、勾配屋根等のオプション項目を含める。

タイプA	タイプB	タイプC
		
勾配屋根	木製カーテンウォール 耐火書庫	木製カーテンウォール

2．混構造の技術的手法の整理

	耐火性能の確保	コストと防耐火	重要な財産・情報を保管する室	地域との関係	構造手続	
	・最上階から数えて4階までは1時間の耐火性能が必要になり、それより下階は2時間以上の耐火構造が必要になる。 ・耐火構造としての大臣認定を取得しているのは1時間の耐火構造までであり、2時間の耐火構造としての大臣認定は取得されていない。	一般的にコストは、 耐火構造＞準耐火構造 ＞防火構造＞裸木造 となるため、高い防耐火性能が求められる場合は、木造部分を限定して混構造とすることで、コスト低減を図る必要がある	重要な財産・情報を保管する室は耐火構造で区画、支持する必要がある （木造計画・設計基準）	建物の必要床面積と、高さ制限・建ぺい率、敷地の余裕等との関係により、建物形状が決まる。 （木造部分は最上階から4階まで。5階以上になると2時間耐火が必要となるが、部材が未開発）	平面混構造は、基本的に『2007年版建築物の構造関係技術基準解説書』（国交省住宅局建築指導課他監修）や木造計画・設計基準の資料 表3.2.1による。 立面混構造については、平成19年国交省告示第593号が今年5月に改正され、採用しやすくなった。	
純木造・平面混構造（EXP.J）	4階建ての建築物までしか建設できない	高い防耐火性能が求められる場合に、コストへの影響が大きい ただし、重要な財産、情報を保管する室を耐火構造とする場合は、EXP.J で分割するとコストへの影響が限定的	保管室を部分的に木造耐火とする場合、その他の木造部分とを有効に区画するには EXP.J で分割する必要がある	敷地に余裕のある地方都市、郊外で採用しやすい	高さ31m以下であれば、一般的な構造計算手法で計算が可能	高さ31m超は、任意の性能評価が必要（必要に応じ設計段階で実験が必要）
平面混構造	4階建ての建築物までしか建設できない	高い防耐火性能が求められる場合でも、コストへの影響が限定的	保管室を RC、S 造部分に配置することで解決できる	敷地に余裕のある地方都市、郊外で採用しやすい	同上。 さらに、RC、S 造部分に木造部の水平力を負担させると、木造部を軽快に設計できる。	高さ31m 超は、任意の性能評価が必要（必要に応じ設計段階で実験が必要） 500 ㎡超等の場合偏心率、剛性率等の計算が必要※1
立面混構造	木造及び木質ハイブリッド造を最上階から数えて4階までとし、それより下階を RC 造等とすることにより建築物の階数には制限がなくなる。	高い防耐火性能が求められる場合でも、コストへの影響が限定的	保管室を RC、S 造部分に配置することで解決できる	都心の小規模3階建てか、地方都市、郊外の小～中規模2階建てとなる。	以下の規模等はルート1で剛性率計算が不要※2 3階建：500 ㎡以下 2階建：3,000 ㎡以下	左記以上の規模は、実質ルート3になるため、任意の性能評価が必要（必要に応じ設計段階で実験が必要。春日部の事例では実施している）
平面＋立面混構造	木造及び木質ハイブリッド造を最上階から数えて4階までとし、それより下階を RC 造等とすることにより建築物の階数には制限がなくなる。	高い防耐火性能が求められる場合でも、コストへの影響が限定的	保管室を RC、S 造部分に配置することで解決できる	敷地に余裕のない都心部で採用しやすい	RC、S 造部分に木造部の水平力をすべて負担させることで、高さ31m 超の任意の性能評価が不要となり、実現可能。 （木造部分は最上階から4階建てまで。5階以上になると2時間耐火が必要となるが、部材が未開発）	

※1 国土交通省告示 593 号第三号イからホの規定を超えるもの

※2 国土交通省告示 593 号第四号によるもの

３．組み合わせの検討

（1）構造計算について

混構造の種類		メリット	デメリット
平面混構造	共通 【RC造＋木造】 【S造＋木造】 ※耐火建築物でなくとも同じ	・RC造部分又はS造部分が全水平力を負担するとすれば、木造部分を軽快に設計できる。 ・木造部分が負担する力を鉛直荷重のみにすれば、水平力に対する木造部分の履歴モデルなどの複雑なモデル化が不要となる（偏心率や剛性率を満たせずルート3の設計が必要となった場合も設計が容易）。	・RC造部分又はS造部分が全水平力を負担させる場合、水平力を伝達するために木造部分の床面の剛性を高くする必要があり、木造部分の吹抜け等の自由度が低くなる。 ・構造計算上は 31m超も可能だが、4階建て以上の場合は、耐火建築物となる。
	共通 【RC造＋木質ハイブリッド】 【S造＋木質ハイブリッド】 ※耐火建築物であることが前提	・木質ハイブリッド材は構造上S造であるため、RC造またはS造部分との接合部をピン接合、剛接合といった単純なモデルとすることができ、接合部に設定するバネなどの特別な配慮が不要となる。 ・構造上は、31m超の大規模建物も可能。	・いまのところ、木質部分を構造耐力に算入することが一般化されていないため、厳密には木造と言えない。 ・現時点では木質ハイブリッド材は1時間耐火まで（最上階から4階までしか利用できない。）。
	【RC造＋木造】	・延べ面積 500m^2 以下、高さ 13m軒高9m以下などの告示の建物規模の制限を満足すれば、ルート1とすることができる 。 ・両端コア、センターコアの混構造であれば偏心率も調整しやすい。	・平面混構造として片側に構造的コア部を配置した場合、剛性が高いRC造部分に剛心が偏ることになり偏心率が大きくなりやすい。 ・規模が大きく、ルート2となった場合は偏心率の制限が発生し、設計が窮屈になり、ルート3とした場合は計算に必要な諸性能値の設定等が難しく、困難となる。 ・RC造部分が重く、不同沈下に対する配慮が必要。
	【S造＋木造】	・RCとの混構造に比べ、剛性が近いことから、偏心率の調整がしやすく、高さ 13m以上など、より大きな規模に対応しやすい。	・S造で床面の水平剛性確保に水平ブレースを使用する場合、剛性が小さいため吹抜けを設けるなどの自由度が低くなる。 ・S造で6mを超えるスパンとする場合の混構造はルート2以上となる。
立面混構造	共通	・告示により、規模・構造ごとの設計ルートが明確化されている。 ・平面混構造のような複雑な接合部を用いずにできる。	・3階建てになると告示の規模が 500 ㎡に制限され、4階以上の立面混構造は剛性率の関係で急に困難となる。
	【RC造＋木造】	・1階RC、2階木造なら 3,000 ㎡までルート1で設計でき、適判も不要。	・左記以外は 500 ㎡を超えると剛性率をクリアすることが困難でありルート3を採用しつつ適判も必要となり現実的でない。 ・重量が大きくなるため、地耐力不足で杭基礎になる恐れあり。
	【S造＋木造】	・木材とS材の剛性がそれほど違わないため、規模が大きくなってルート2が適用されても対応が容易。	・RC造以外との混構造は告示第 593 号第 3 号が適用となり、 S造のスパンが6m 面積 500 ㎡ 3階、高さ 13m、軒高9m等 のいずれかを超えるとルート2以上が適用となる。
	木質ハイブリッド	・構造的には平面混構造と同じだが、柱や接合部を木質ハイブリッド材にする場合の耐火上の課題の方が大きい。	

(2) 施工等について

混構造の種類		メリット	デメリット
平面混構造	共通 【RC造＋木造】 【S造＋木造】 ※耐火建築物でなくとも同じ	・ＲＣ造部分やＳ造部分を建方時の仮設支持材とすることができる。 ・エレベータを非木造部に設置することで、ＥＶ専用の鉄骨フレームが不要となる。	・建方手順がやや複雑。 ・各階で木造工事とＲＣ造、Ｓ造の工事が完結している。
	共通 【RC造＋木質ハイブリッド】 【S造＋木質ハイブリッド】 ※耐火建築物であることが前提	・木質ハイブリッド造の場合、全て鉄骨工場製作部材となるため施工精度がよい。 ・ＲＣ造と組み合わせた場合、耐火性、剛性が高く建物全体の変形をおさえられ、ロックウール吹付け等の耐火被覆が不要。 ・Ｓ造と組み合わせた場合、躯体へのアンカーボルトが少ない分、接合部はＳ造との混構造が有利。	・木質ハイブリット材を提供できる工場が限られる。 ・Ｓ造と組み合わせた場合は、Ｓ造部分にロックウール吹付け等の耐火被覆が必要となり、養生に手間がかかる。
	【RC造＋木造】	・共通と同じ。 ・ＲＣ部分を 1000 ㎡防火区画としても使用可能。	・コンクリート打設中に生ずるノロが木部分に付着しないようこまめな養生が必要となる。 ・木部材、木質ハイブリッド材を接合するためのアンカーがＲＣ部に埋め込まれるため、コンクリート打設時にずれないようにするなど位置の精度を出すのが難しい。
	【S造＋木造】	・建方方式が類似しており、施工計画しやすい。	・Ｓ造部分に現場溶接が必要となる場合、木造部分に焦げなどが付かないようこまめな養生が必要となる。 ・Ｓ造部分にロックウール吹付け等の耐火被覆が必要なので養生に手間がかかる。
立面混構造	共通	・各階で木造工事とＲＣ造、Ｓ造の工事が完結している。	・特になし
	【RC造＋木造】	・特になし	・特になし
	【S造＋木造】	・特になし	・Ｓ造部分にロックウール吹付け等の耐火被覆が必要なので養生に手間がかかる。
	木質ハイブリッド	・特になし	・特になし

(3) 工期について

混構造の種類		メリット	デメリット
平面混構造	共通 【RC造＋木造】 【S造＋木造】 ※耐火建築物でなくとも同じ	・特になし	・ＲＣまたはＳ部分を先行して建方する場合が多く、工期が長くなる。
	共通 【RC造+木質ハイブリッド】 【S造+木質ハイブリッド】 ※耐火建築物であることが前提	・特になし	・鉄骨を製作したあとに木質部の加工を行うため、製作に時間を要する。
	【RC造＋木造】	・特になし	・平面混構造の場合、建方の手順を考慮してＲＣ造部分と木造部分の同時施工を行わない場合が多く、工期が伸びがちとなる。
	【S造＋木造】	・ＲＣ造との混構造に比べれば、工期が短くでき施工計画が立てやすい。	・木材だけでなく鉄骨部材の製作にも時間を要するため､クリティカルパスの管理が難しい。
立面混構造	共通	・平面混構造に比べ、平面的な施工待ちがない。	・ＲＣ造部分の強度が出るまで木造部分の施工ができない。
	【RC造＋木造】	・同上	・同上
	【S造＋木造】	・ＲＣ造との混構造に比べ、強度発現待ちがない。	・鉄骨の製作に時間を要する。
	木質ハイブリッド	・特になし	・木質ハイブリッド材の作成に時間を要する。

ケースのプラン一覧

（1）燃え止まり型・メンブレン型

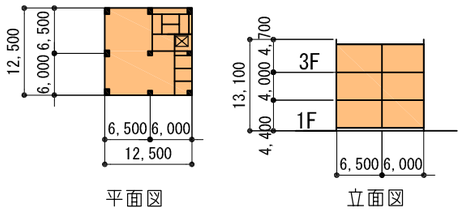
木造部分　木造（耐火木造以外）部分　ＲＣ造部分　Ｓ造部分

木造（耐火木造以外）・平面混構造（EXP. J）

ケース１　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
メンブレン型
燃え止まり型

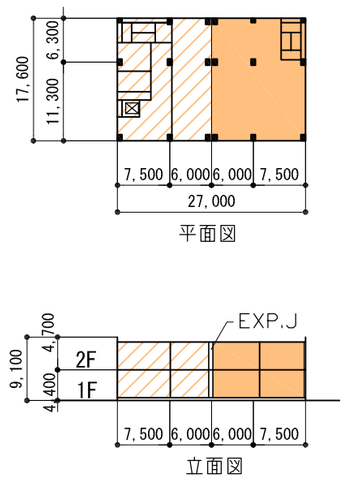


平面図　立面図

ケース２　中規模型

基準階　475.20㎡
延べ床　950.40㎡

２階
～1,000㎡
その他地域
木造（EXP. J）＋メンブレン型
燃え止まり型

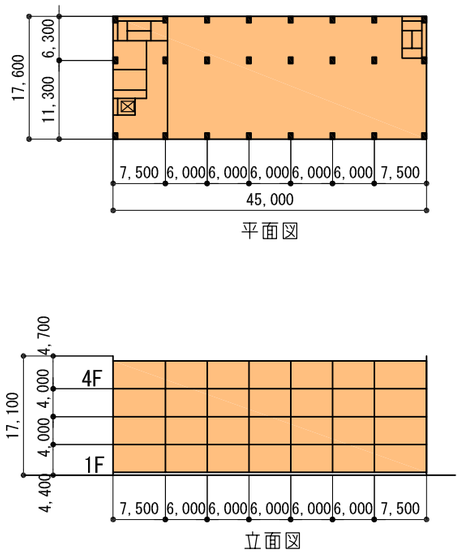


平面図　立面図

ケース３　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　3,168.00㎡

４階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型



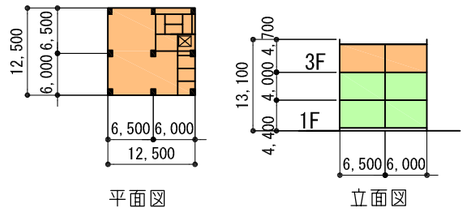
平面図　立面図

立面混構造（ＲＣ造）

ケース４　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
メンブレン型
燃え止まり型

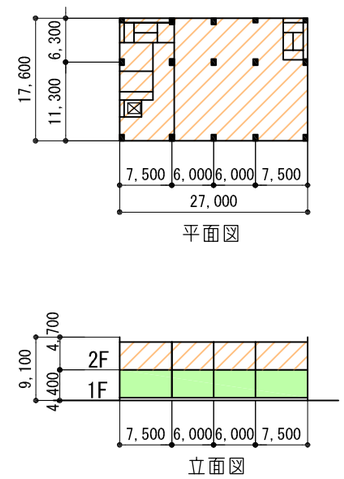


平面図　立面図

ケース５　中規模型

基準階　475.20㎡
延べ床　950.40㎡

２階
～1,000㎡
その他地域
木造（耐火木造以外）

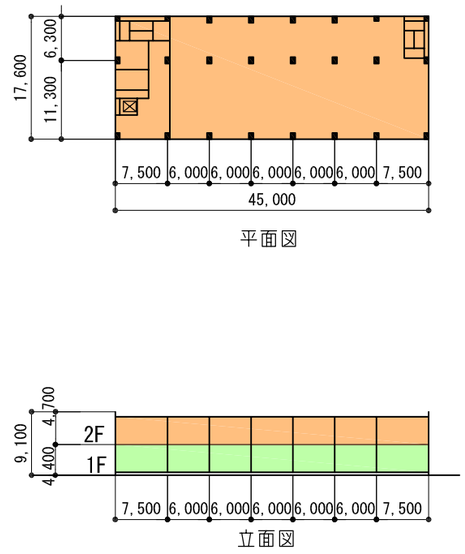


平面図　立面図

ケース６　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　1,584.00㎡

２階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型



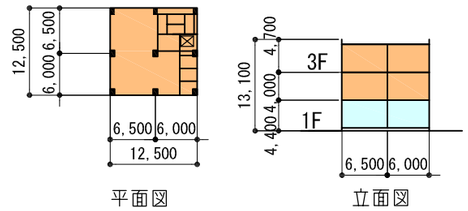
平面図　立面図

立面混構造（Ｓ造）

ケース７　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
メンブレン型
燃え止まり型

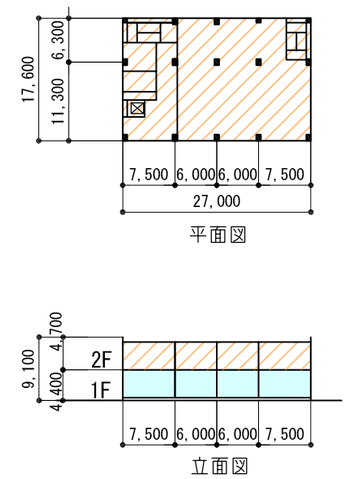


平面図　立面図

ケース８　中規模型

基準階　475.20㎡
延べ床　950.40㎡

２階
～1,000㎡
その他地域
木造（耐火木造以外）

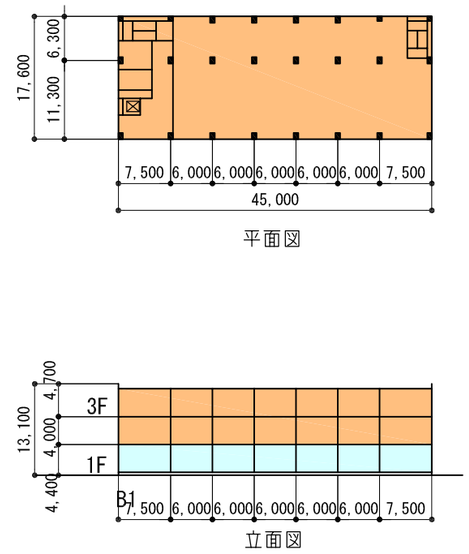


平面図　立面図

ケース９　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　2,376.00㎡

３階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型

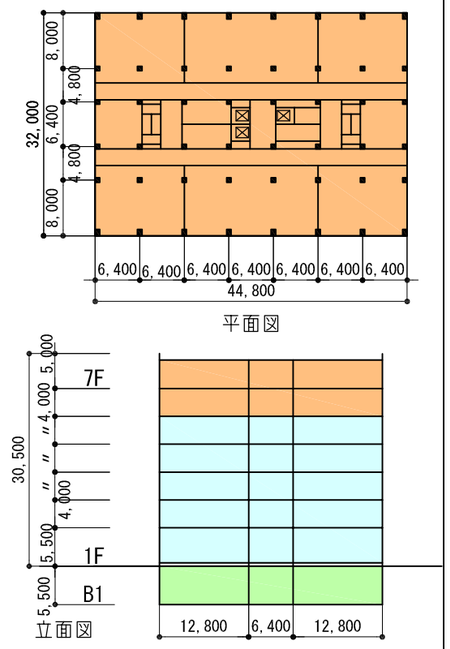


平面図　立面図

ケース10　大規模型

基準階　1,433.60㎡
延べ床　11,468.80㎡

～31m
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型



平面図　立面図

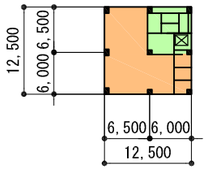
木造部分　木造（耐火木造以外）部分　ＲＣ造部分　Ｓ造部分

平面混構造

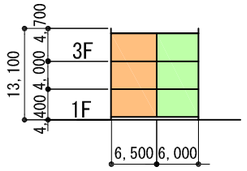
ケース11　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
メンブレン型
燃え止まり型



平面図

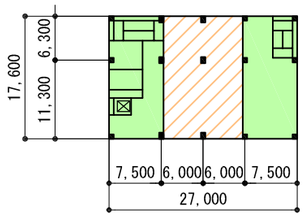


立面図

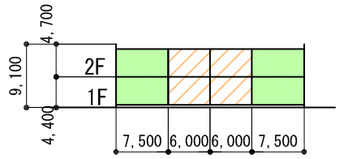
ケース12　中規模型

基準階　475.20㎡
延べ床　950.40㎡

２階
～1,000㎡
その他地域
木造
（耐火木造以外）



平面図

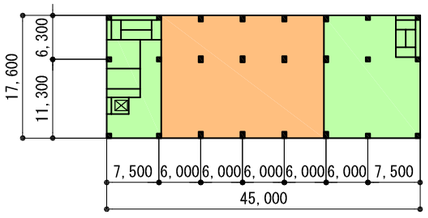


立面図

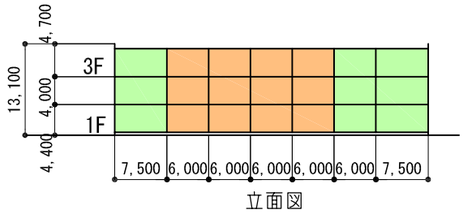
ケース13　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　2,376.00㎡

３階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型



平面図



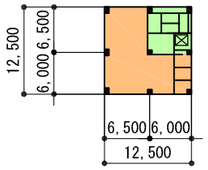
立面図

平面＋立面混構造

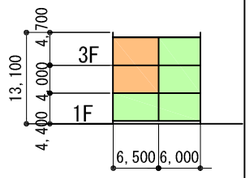
ケース14　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
メンブレン型
燃え止まり型



平面図

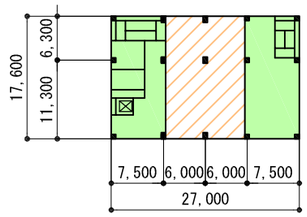


立面図

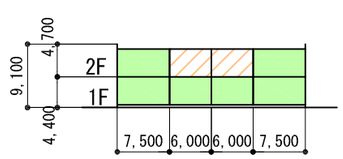
ケース15　中規模型

基準階　475.20㎡
延べ床　950.40㎡

２階
～1,000㎡
その他地域
木造
（耐火木造以外）



平面図

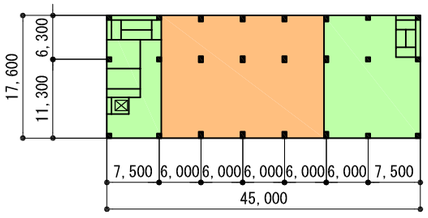


立面図

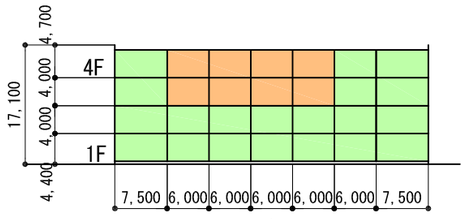
ケース16　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　3,168.00㎡

４階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型



平面図

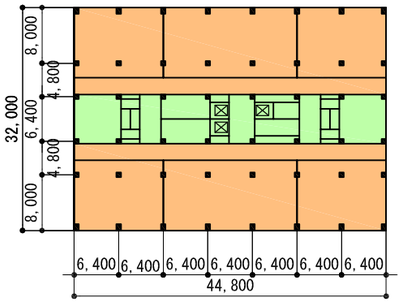


立面図

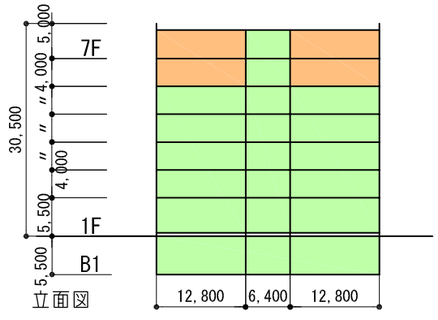
ケース17　大規模型

基準階　1,433.60㎡
延べ床　11,468.80㎡

31m超
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
メンブレン型
燃え止まり型



平面図



立面図

（２）木質ハイブリッド型

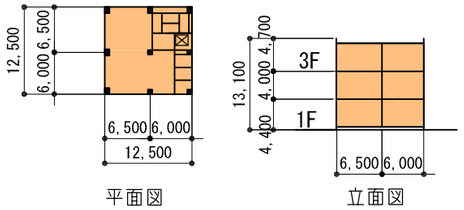
木質ハイブリッド部分　木造（耐火木造以外）部分　ＲＣ造部分　Ｓ造部分

木質ハイブリッド型単独の構造・平面混構造（EXP.J）

ケース18　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
木質ハイブリッド型

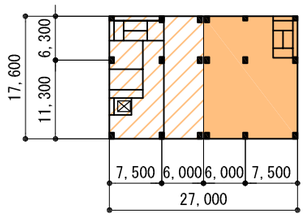


平面図　立面図

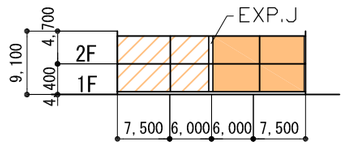
ケース19　中規模型

基準階　475.20㎡
延べ床　950.40㎡

２階
～1,000㎡
その他地域
木造（EXP.J）
木質ハイブリッド型



平面図

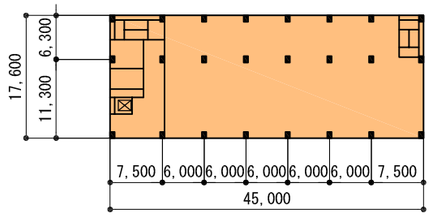


立面図

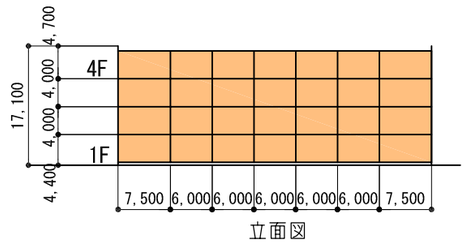
ケース20　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　3,168.00㎡

４階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



平面図



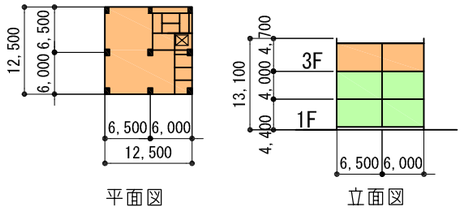
立面図

立面混構造（ＲＣ造）

ケース21　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
木質ハイブリッド型

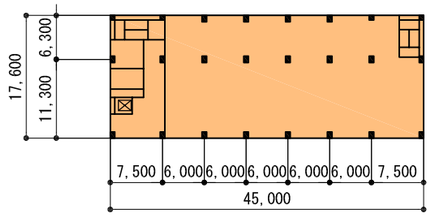


平面図　立面図

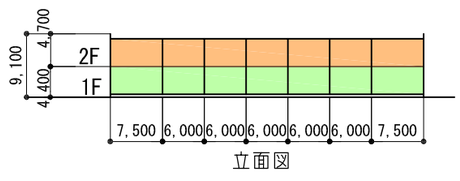
ケース22　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　1,584.00㎡

２階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



平面図

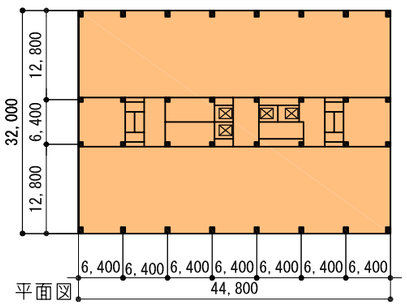


立面図

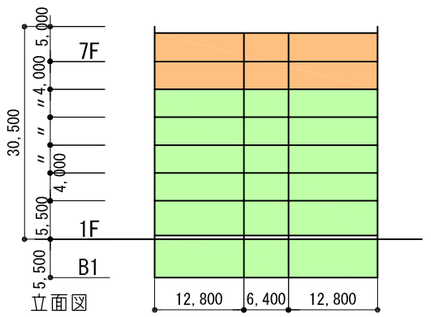
ケース23　大規模型

基準階　1,433.60㎡
延べ床　11,468.80㎡

31m超
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



平面図



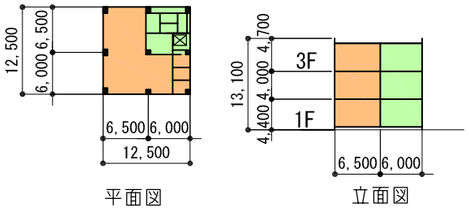
立面図

平面混構造

ケース24　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
木質ハイブリッド型

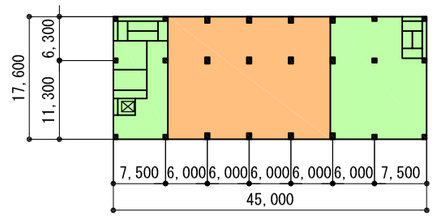


平面図　立面図

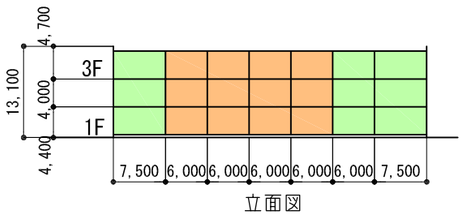
ケース25　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　2,376.00㎡

３階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



平面図

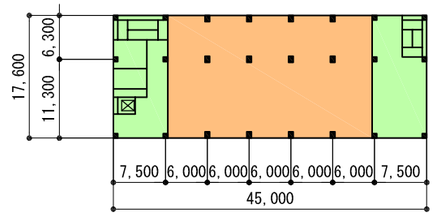


立面図

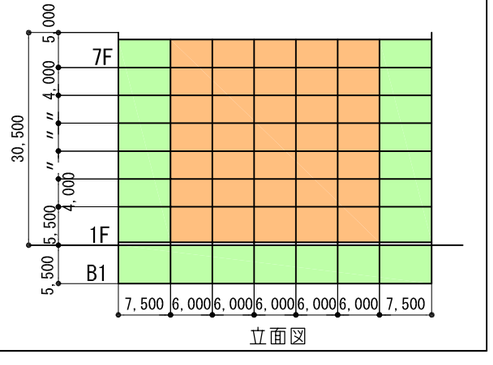
ケース26　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　6,336.00㎡

31m超
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



平面図



立面図

（２）木質ハイブリッド型

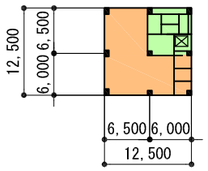
木質ハイブリッド部分　木造（耐火木造以外）部分　ＲＣ造部分　Ｓ造部分

平面＋立面混構造

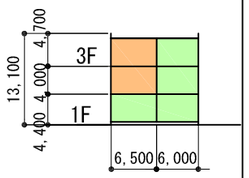
ケース27　中規模型

基準階　156.25㎡
延べ床　468.75㎡

３階
～500㎡
防火地域
木質ハイブリッド型



平面図

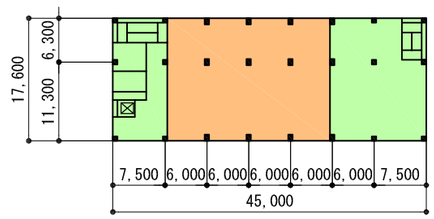


立面図

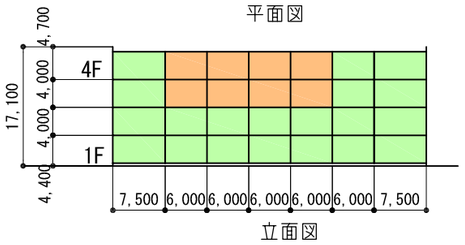
ケース28　大規模型

基準階　792.00㎡
延べ床　3,168.00㎡

４階
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



平面図

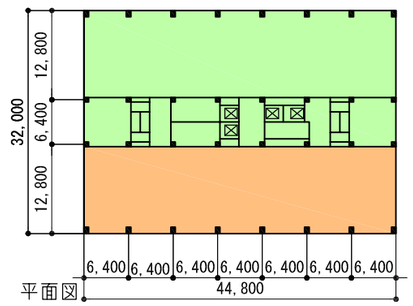


立面図

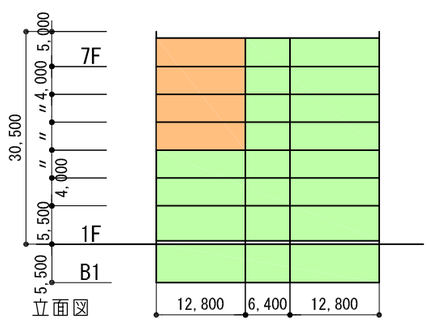
ケース29　大規模型

基準階　1,433.60㎡
延べ床　11,468.80㎡

31m超
1,000㎡～
準防火地域
その他地域
木質ハイブリッド型



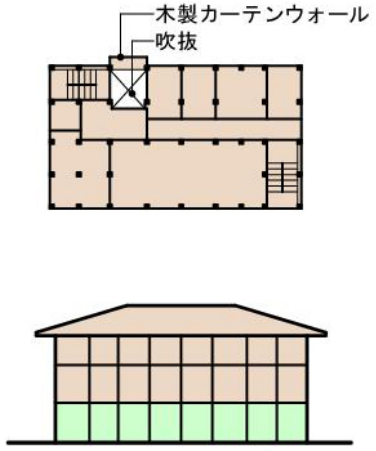
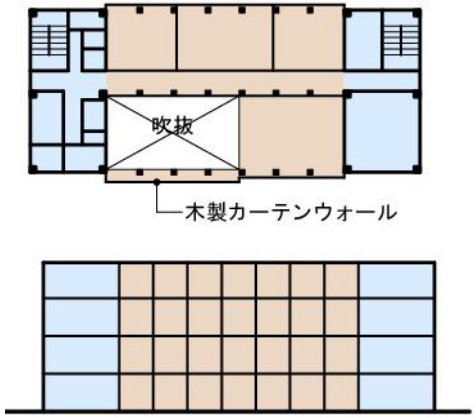
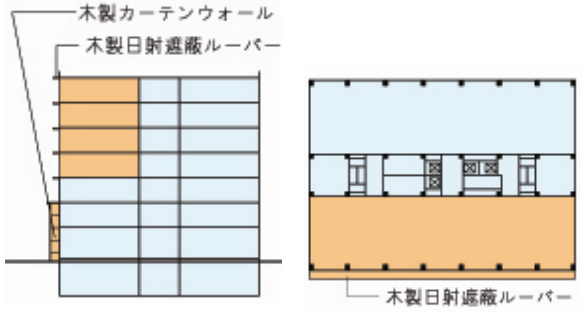
平面図



立面図

５．ケーススタディのモデルプラン

　また、想定したケースを次の視点で評価し選択することで、より汎用性のある検討となるように配慮した。
①告示やマニュアル等において、設計手法が整備されていないこと
②あらゆるケースの建築物に対応できる幅広い検討ができること
③構造方式の合理性があること
　また、さまざまな納まりを検討するため、カーテンウォールや吹き抜け等の防火区画等のオプション項目をそれぞれのプランについて含めることとした。

	タイプＡ	タイプＢ	タイプＣ
	立面混構造（鉄骨造）－ メンブレン型	平面混構造（ＲＣ造）－ 燃え止まり型	平面＋立面混構造 － 木質ハイブリッド型
	基準階　約 800 ㎡ 延べ床　約 2, 400 ㎡	基準階　約 800 ㎡ 延べ床　約 2, 400 ㎡	基準階　約 1, 500 ㎡ 延べ床　約 12, 000 ㎡
プラン			
オプション項目	・カーテンウォール ・吹抜け	・カーテンウォール ・吹抜け	・カーテンウォール ・木製日射遮蔽ルーバー ・吹抜け