

木材を利用した耐火構造の 技術開発

建築防火研究グループ 上席研究員
成瀬 友宏

内 容

I はじめに

II 木造耐火構造の基準に関する動向

- 1) 平成12年以前の日本における耐火構造の技術開発
- 2) 平成12年以降の日本における木造耐火構造の技術開発
- 3) 海外における建築基準の動向

III 建築研究所における技術開発の概要

- 1) 研究の目的
- 2) 耐火構造の分類
- 3) 研究対象とする耐火構造

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

- 1) 要素試験の概要
- 2) 部材試験の概要
- 3) 試験結果のまとめ
- 4) 課題と今後の予定

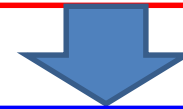
V おわりに

I はじめに

地球温暖化防止・森林資源の整備の必要性(背景)



平成22年5月:「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」成立(同年10月施行)



木造建築物の防火に関する基準の見直し

- ・木造1時間耐火構造の間仕切壁・外壁(耐力壁・非耐力壁)の構造方法の仕様追加(平成26年8月、平成28年3月)
- ・改正建築基準法第21条第2項、第27条施行(平成27年6月)
- ・直交集成板(CLT)等の燃えしろ設計の準耐火構造告示への追加(平成28年3月)

I はじめに

- 木造の防火壁の設置: 3,000m²の木造建築物
- 木造の「壁等」により3,000m²を超える木造建築物

が実現(面的な大規模化への法整備)

- 中高層化に関しては、まだ十分な検討が行われておらず、検討の途上

I はじめに

研究課題「中高層木造建築物の防耐火関連技術の開発」を開始（平成28年度から3年間）

- ・木造耐火構造に関するこれまでの技術開発の動向
- ・課題における検討状況
- ・今後検討すべき課題

を整理して紹介

国土交通省平成28年度建築基準整備促進事業F10「不燃材料等に関する大臣認定仕様基準の検討」の事業主体（一般社団法人 **建築性能基準推進協会**）および国土交通省**国土技術政策総合研究所**との共同研究に基づき実施した内容を含む。

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

1) 平成12年以前の日本における耐火構造の技術開発 1/3

木造建築物は歴史的に火災時の問題から建築基準法により厳しく制限

- 耐火構造：**不燃材料**か**準不燃材料**で構成
それ以外の有機質材料を使用する場合：
無機質材料で完全に覆う(仕樣的に要求)
→ 木造の耐火構造は認定を受けられず、準耐火構造、防火構造、準防火構造の技術開発

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

1) 平成12年以前の日本における耐火構造の技術開発 2/3

- 特殊建築物：共同住宅等の用途
木造3階建て準耐火建築物
準防火地域：延べ面積1,500m²以下
防火地域・準防火地域以外の区域：
延べ面積3,000m²以下

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

2) 平成12年以降の日本における木造耐火構造の技術開発 3/3

平成12年の法改正：性能規定化

要求性能を満たせば耐火構造であっても被覆や構造耐力を負担する部分に木材が使用できるようになる。

- 平成17年 木造耐火構造の大臣認定(1時間)
- 平成26年 木造耐火構造(壁)の例示仕様
木造耐火構造の大臣認定(2時間)

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

表2 木造耐火構造の国土交通大臣認定の取得件数(平成28年5月末現在)

認定区分	明細区分	認定記号	認定件数	
耐火構造	壁	外壁(非耐力)	FP030NE	0
		外壁(耐力・非耐力)	FP060BE,NE	86
		間仕切壁(耐力・非耐力)	FP060BP,NP	20
		間仕切壁(耐力)	FP120BP	4
	柱		FP060CN	17
			FP120CN	1
	床		FP060FL	26
			FP120FL	2
	はり		FP060BM	20
			FP120BM	2
	屋根		FP030RF	57
	階段		FP030ST	4

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

耐火構造の部位を組み合わせる方法(ルートA)



写真1 高知県自治会館
1～3階をSRC造、4～7階を1時間耐火木造



写真2 東部地域振興ふれあい拠点施設
1～4階をS造、5,6階を1時間耐火木造

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

国土交通大臣の認定を受けた高度な検証法による
方法(ルートC)



写真3 JR四国高知駅
全長60.9m、幅38.5m、最大高さ23.5m



写真4 所沢市市民体育館
アリーナ80m×42m、天井最高部18メートル、最大67mのスパン

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

- 平成11年からの5年間
建設省(当時)総合技術開発
プロジェクト「木質複合建築構造
技術の開発」



- 木材のような可燃性の材料を含む部材の**耐火性能評価(試験法)の具体的な手順の整備**(要求耐火時間加熱終了後に加熱時間の3倍の時間加熱炉に放置し炭化の進行の停止を確認)

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

- 一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会との共同研究(2時間耐火構造の部材)



(1)加熱前の試験体の様子



(2)加熱後の試験体の様子

写真9 2時間耐火壁の耐火性能試験

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

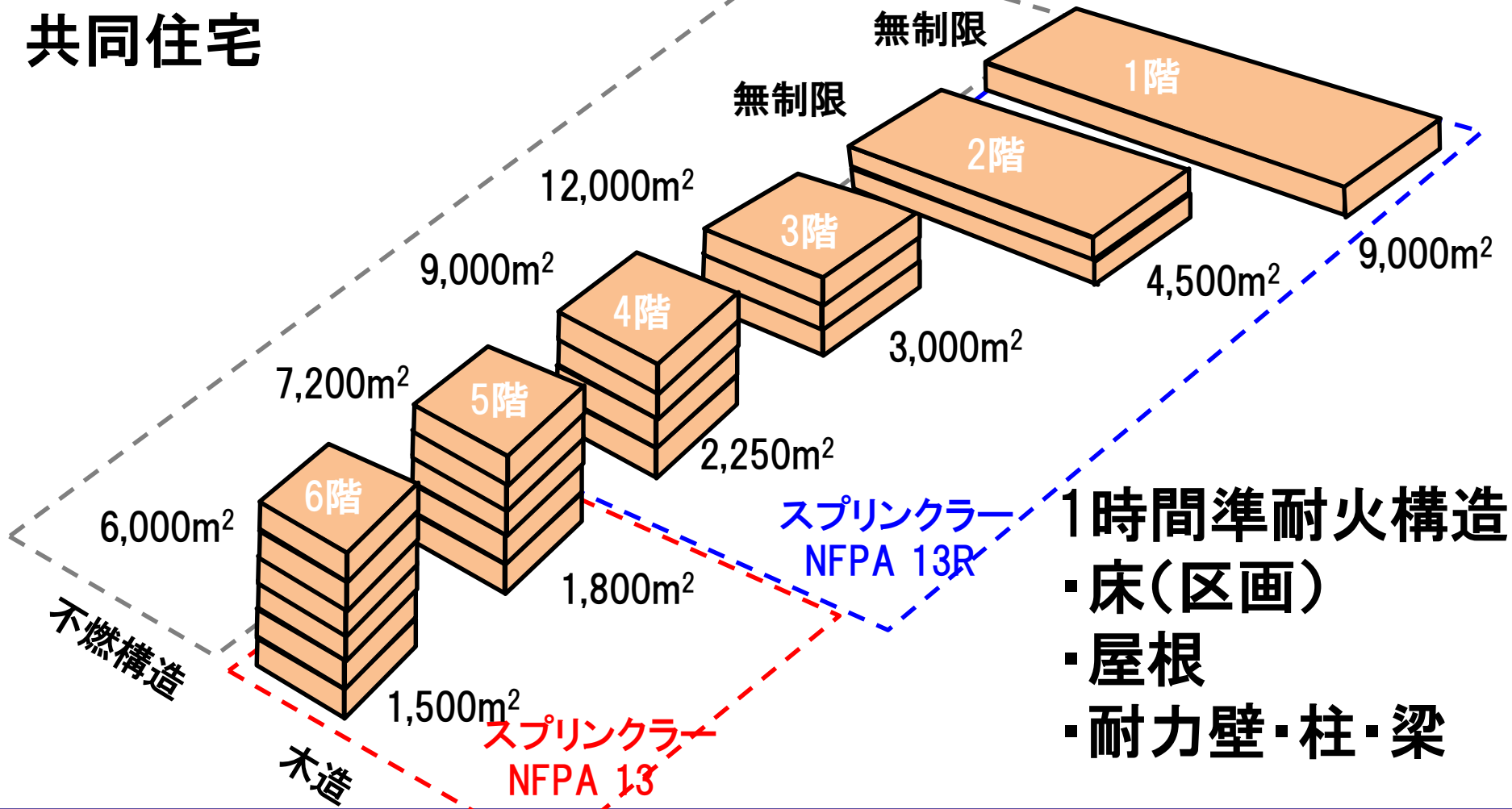
- 平成22～24年国土交通省「木造建築基準の高度化推進に対する検討を行う者に対する補助事業」
- 事業主体（早稲田大学（代表）、秋田県立大学、三井ホーム（株）、住友林業（株）、（株）現代計画研究所）、国土交通省国土技術政策総合研究所、建築研究所の共同研究
- **木造1時間耐火構造の間仕切壁・外壁（耐力・非耐力）の仕様が平成26年8月、平成12年建設省告示第1399号に位置づけられた。**



写真10(2)木造1時間耐火構造耐力壁の試験体(2層目の被覆)

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

カナダ建築基準 NBCC2015 共同住宅

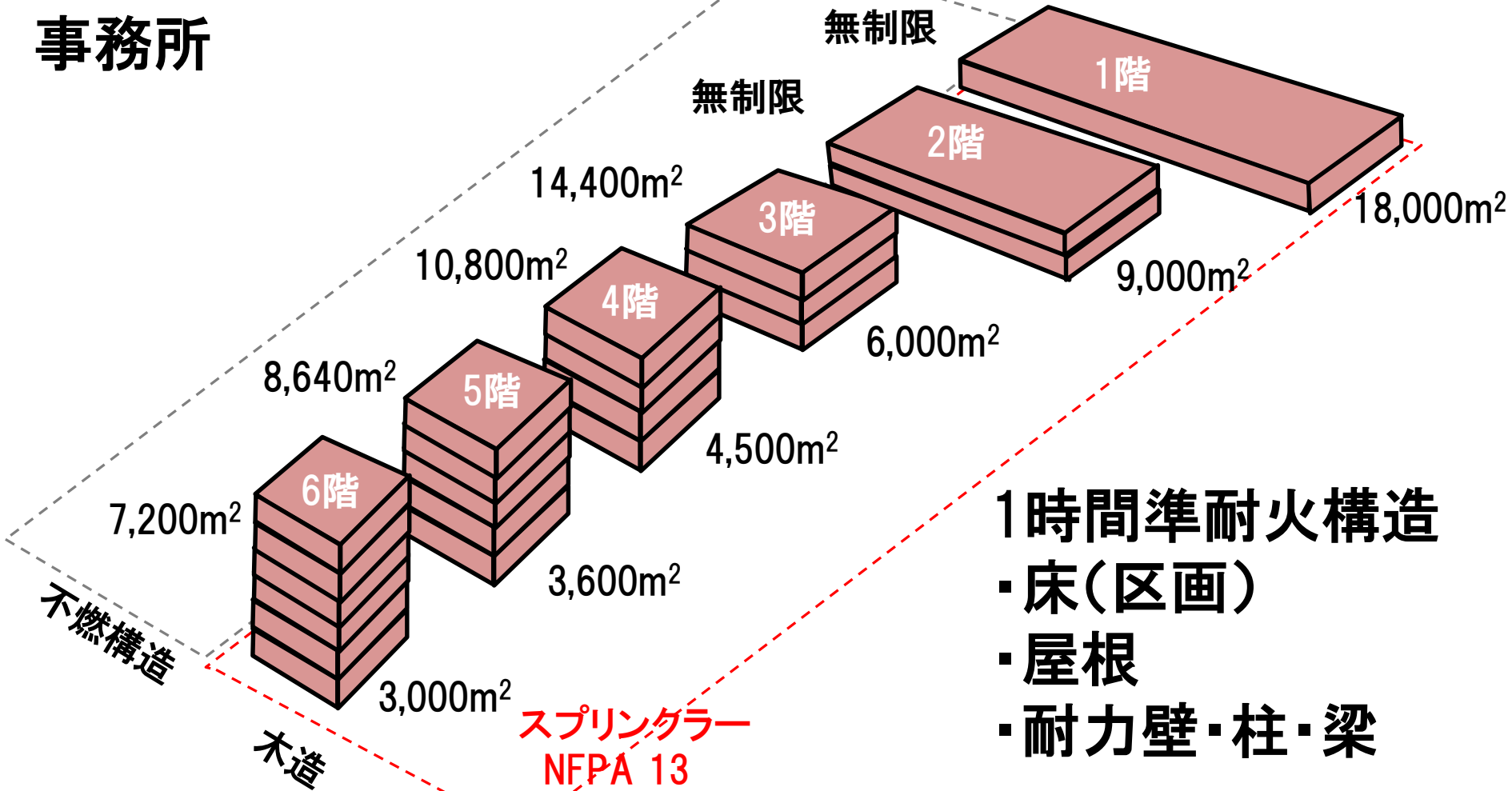


1時間準耐火構造

- ・床(区画)
- ・屋根
- ・耐力壁・柱・梁

Ⅱ 木造耐火構造の基準に関する動向

カナダ建築基準 NBCC2015 事務所



Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

- 木造耐火構造の部材開発

平成17年度建築研究所講演会において紹介

- 建築基準法第21条第2項・第27条に関する実験的な検討(木造3階建て学校の火災安全)
- 平成28～30年度研究課題「中高層木造建築物の防耐火関連技術の開発」を開始

Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

1) 研究の目的

- 木材利用の促進を背景
- 木造建築物の中高層化や大規模化の普及をより推進するため告示に位置づけるための仕様や接合部の耐火性能等について、技術的な知見を蓄積すること

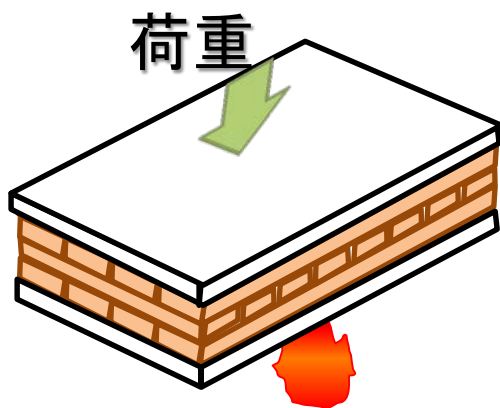
【3年間の研究期間の1年目の成果を紹介】

1時間および30分間の耐火性能を有する部材の性能確認のための試験結果について報告

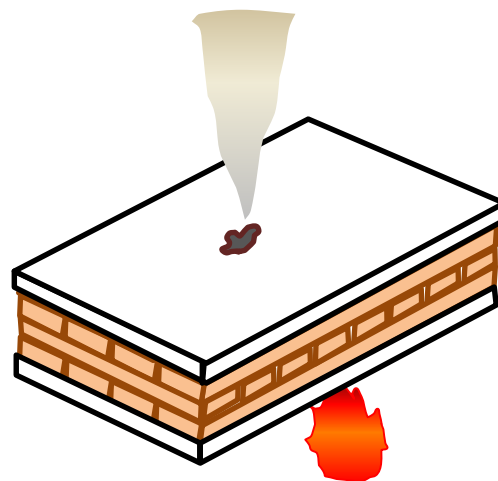
Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

2) 耐火構造の分類

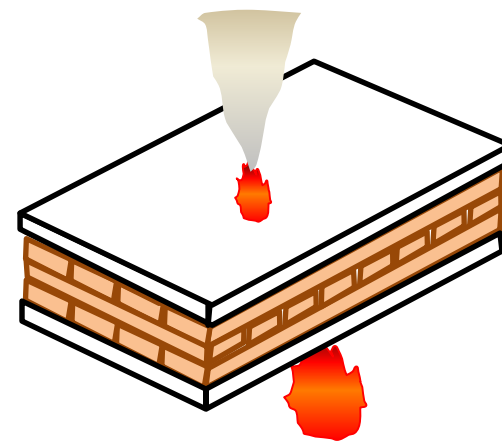
- **耐火性能** (建築基準法施行令第107条)
 - 非損傷性: 火熱により構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないこと
 - 遮熱性: 非加熱面の温度が可燃物燃焼温度以上に達しないこと
 - 遮炎性: 火炎を出す原因となるき裂その他の損傷を生じないこと



非損傷性



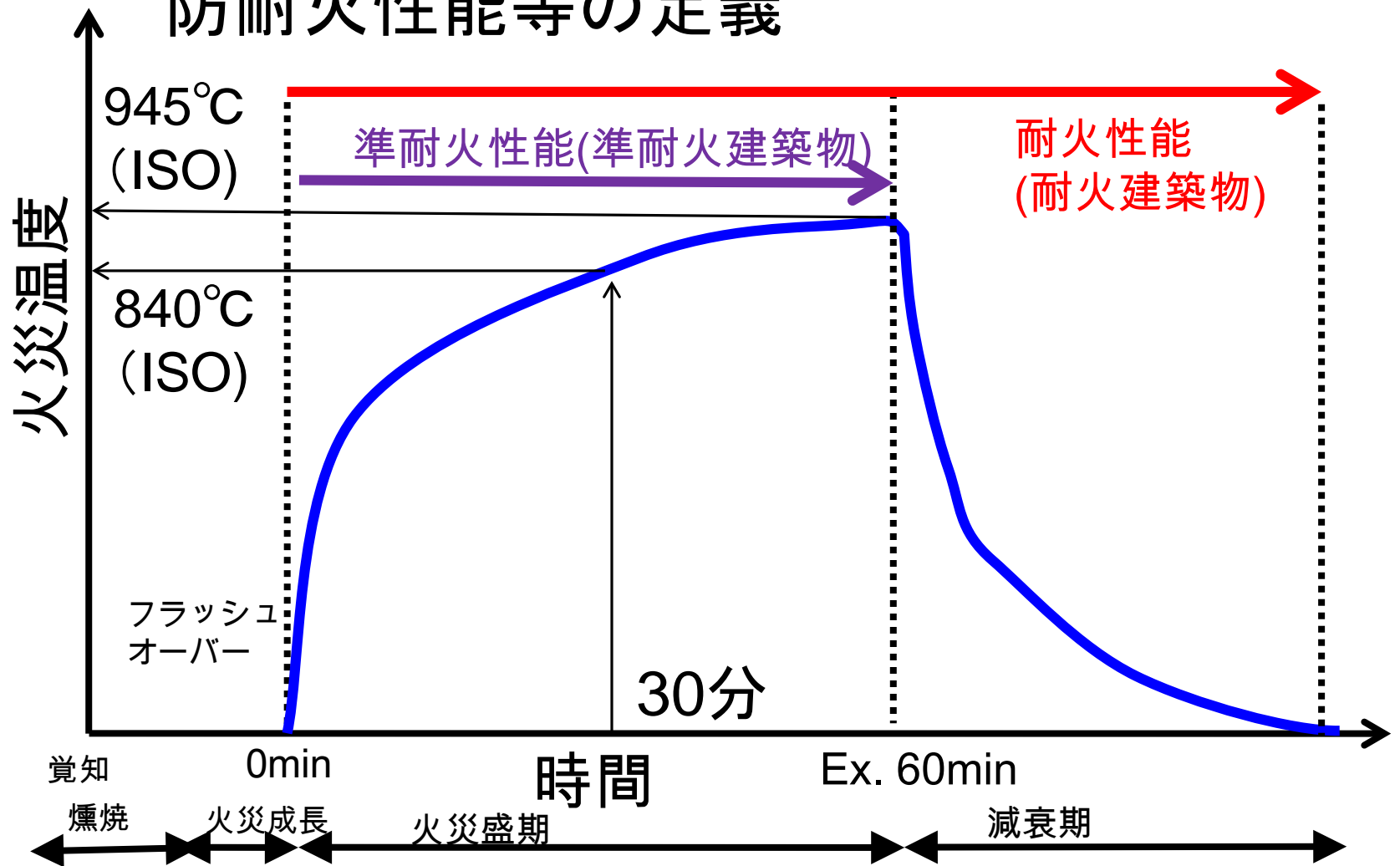
遮熱性



遮炎性

Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

防耐火性能等の定義



Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

【火災前】

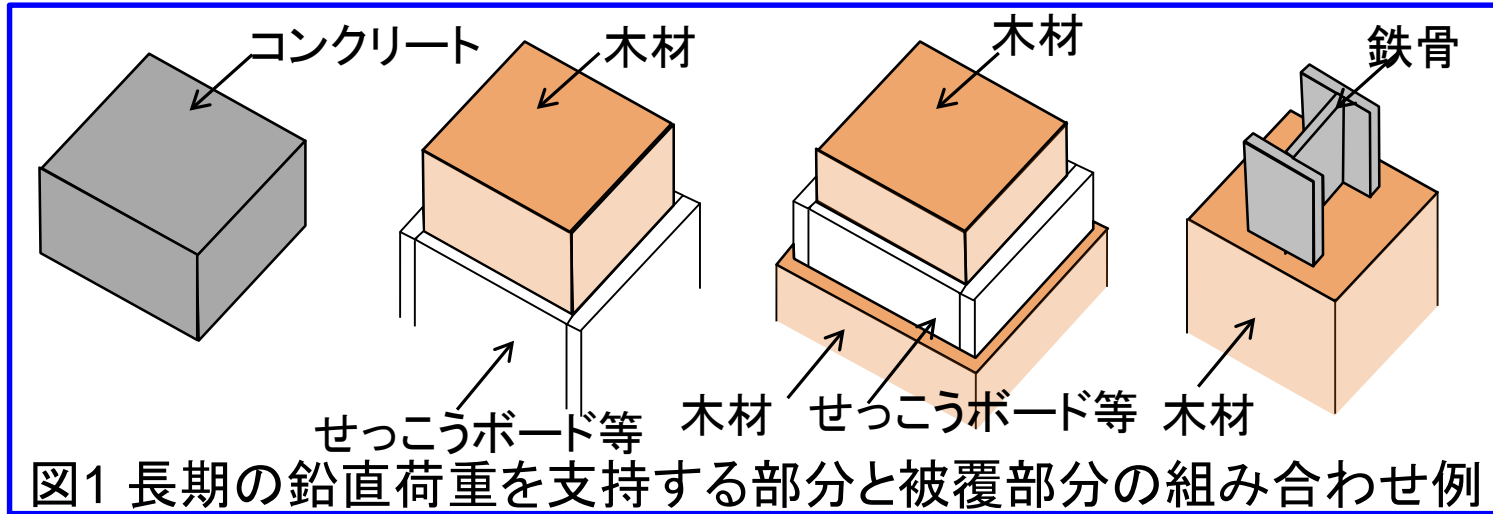
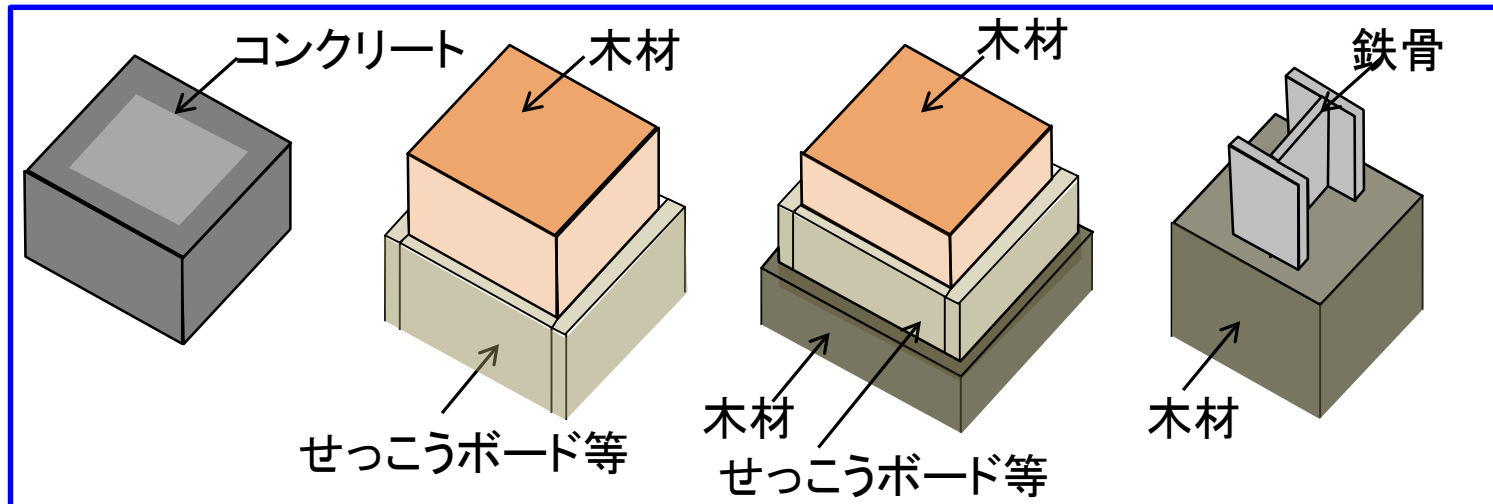


図1 長期の鉛直荷重を支持する部分と被覆部分の組み合わせ例
 材料強度 (500℃) : 鉄は常温の約1/2, RCは約2/3

【火災後】



Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

- **鉄筋コンクリート造**：構成材料に不燃性能、耐熱性能（機械的特性含む）、伝熱性能（熱抵抗が高い性質）があり、表面に近い部分で内部を保護（鉛直荷重を支持する部分の耐力低下を防止）
- **鉄骨造**：鉄骨周囲を被覆して熱が伝わらないように保護（木材でも可：木質ハイブリッド構造）
- **木造**：木材の熱分解（炭化）の停止の判断が不明確であるため、荷重支持部分の木材が炭化しないことで判断→被覆材で保護

Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

2) 耐火構造の分類

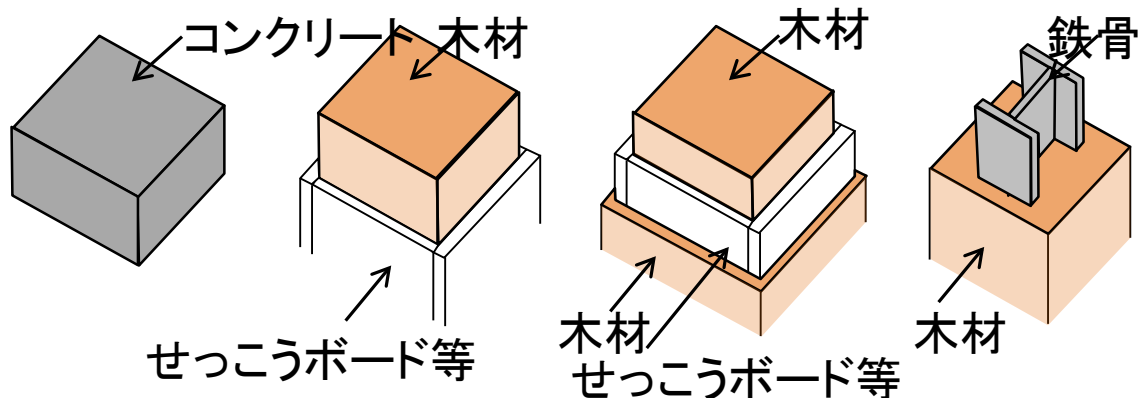


表4

		長期の鉛直荷重を支持する部分		
		A:不燃材料のみ	B:他の材料	C:可燃材料のみ
被覆部分	a:不燃材料	荷重支持部A: 被覆a	荷重支持部B: 被覆a	荷重支持部C: 被覆a
	b:他の材料	荷重支持部A: 被覆b	荷重支持部B: 被覆b	荷重支持部C: 被覆b
	c:可燃材料	荷重支持部A: 被覆c	荷重支持部B: 被覆c	荷重支持部C: 被覆c

Ⅲ 建築研究所における技術開発の概要

3) 研究対象とする耐火構造

- 本研究: 長期の鉛直荷重を支持する部分に木材被覆について技術的知見を収集

例示仕様を整備する上での基本的な考え方 (基整促報告書)

- (1) JISなどの公的規格により、耐火被覆に用いる材料の防耐火性能が担保できるもの。
- (2) 認定実績の多い仕様、実際に普及している仕様及びその類似材料による仕様。
- (3) 現行告示における例示仕様で認めている材料を参考
- (4) 標準断面形状の試験体により性能確認
- (5) 耐火被覆の材料は準不燃材料(無機系材料)の性能

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

検討の進め方

- 既存の耐火構造を参考に被覆の選定
- 被覆の留め付け方法等の施工方法を検討
テープ等の目地補強材料は用いない
- 要素試験を実施(基本的な遮熱性能を確認)
- 部材を用いた耐火試験を実施

判定基準

- 性能評価試験の判定基準に**安全率**を想定して、**被覆下地の木材に炭化がなく**、被覆裏面の測定温度が木材の炭化する温度以上にならないこと

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

1) 要素試験の概要

- 被覆の仕様(案)に、製品や種類のバリエーションがある場合に、部材試験で代表すべき仕様を確認

表5 被覆仕様の包含関係確認のための要素試験の被覆仕様

No	区分	部位	試験体被覆の仕様
1	30分 耐火	屋根	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 15mm+12.5mm ・同左+(GW 32K 300mm) ・GB-F(V) 15mm+15mm ・同左+(GW 32K 300mm)
2	1 時 間	柱	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 25mm+21mm ・同左(目地処理あり) ・GB-F(V) 25mm+25mm ・同左(目地処理あり)
3	耐火	はり	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 25mm+21mm ・GB-F(V) 25mm+25mm
4		床	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 21mm+21mm ・GB-F(V)(防水防かび性能)21mm+21mm

GB-F(V): 建設省告示第1399号に定める強化せっこうボード(ガラス繊維・ひる石入り)

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

1) 要素試験 ①床(1時間耐火性能)

- 商品数、防水防かび性能を付加したものの代表
- 床内に断熱材(グラスウール32K、200mm)入

No	区分	部位	試験体被覆の仕様
4	1時間 耐火	床	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 21mm+21mm ・GB-F(V)(防水防かび性能)21mm+21mm

※例示仕様(案)としての被覆は25mm+21mm



(1)試験の様子



(2)加熱前の様子



(3)加熱後の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

1) 要素試験 ②柱(1時間耐火性能)

- 柱の被覆として想定されるGB-F(V)の厚さを確認
- 目地を中央に設けた

No	区分	部位	試験体被覆の仕様
2	1時間耐火	柱	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 25mm+21mm ・GB-F(V) 25mm+25mm



(1)加熱前の様子



(2)加熱後の様子



(3)木材表面の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

1) 要素試験 ③はり(1時間耐火性能)

- はりの被覆として想定されるGB-F(V)の厚さを確認
- 目地を中央に設けた

No	区分	部位	試験体被覆の仕様
3	1時間耐火	はり	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 25mm+21mm ・GB-F(V)25mm+25mm



(1)加熱前の様子



(2)加熱後の様子



(3)木材表面の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

1) 要素試験 ④屋根(30分耐火構造)

- 屋根の被覆として想定されるGB-F(V)の厚さを確認
- 断熱材(グラスウール32K、300mm)の有無

No	区分	部位	試験体被覆の仕様
1	30分耐火	屋根	<ul style="list-style-type: none"> ・GB-F(V) 15mm+12.5mm ・GB-F(V) 15mm+15mm



(1)加熱前の様子



(2)加熱後の様子



(3)木材表面の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

2) 部材試験の概要

- 部材試験により防耐火性能を確認

表6 試験体被覆の仕様

区分	部位	仕様	備考
1時間 耐火	柱	GB-F(V) 25mm+21mm	目地処理なし
	はり	GB-F(V) 25mm+21mm	目地処理なし
	床	上面:GB-F(V) 21mm+21mm 下面:GB-F(V) 21mm+21mm	断熱材あり
		上面:GB-F(V) 25mm+21mm 下面:GB-F(V) 25mm+21mm	断熱材あり
30分 耐火	屋根	GB-F(V) 15mm+12.5mm	断熱材あり
	階段	GB-F(V) 15mm+12.5mm	

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

2) 部材試験 ①床(1時間耐火性能)

- 載荷加熱(31kN、1時間)
- 床内には断熱材(グラスウール32K、200mm)入

区分	部位	仕様	備考
1時間 耐火	床	上面:GB-F(V) 21mm+21mm 下面:GB-F(V) 21mm+21mm	断熱材あり

- たわみ量最大14.5mm 下地最高温度259.1°C



(1)試験の様子



(2)加熱前の様子



(3)加熱後の様子(炭化)

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

2) 部材試験 ①床(1時間耐火性能) 2回目

- 載荷加熱(31kN、1時間)
- 床内には断熱材(グラスウール32K、200mm)入

区分	部位	仕様	備考
1時間 耐火	床	上面: GB-F(V) 25mm+21mm 下面: GB-F(V) 25mm+21mm	断熱材あり

- たわみ量最大29.6mm 下地最高温度193.1°C



(1)加熱前の様子



(2)加熱後の様子



(3)加熱後の下地の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

2) 部材試験 ②はり(1時間耐火性能)

- 載荷加熱(10.3kN、1時間)

区分	部位	仕様	備考
1時間耐火	はり	GB-F(V) 25mm+21mm	目地処理なし

- たわみ量最大29.6mm
- 下地最高温度 **184.6°C** (角部)、**129.1°C** (中央部)



(1)加熱前の様子



(2)加熱後の様子



(3)加熱後の下地の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

2) 部材試験 ③階段(30分耐火性能)

- 載荷加熱(65kg/段、30分間)

区分	部位	仕様	備考
30分耐火	階段	GB-F(V) 15mm+12.5mm	

- 下地最高温度 126.8°C



(1)加熱前の様子



(2)加熱後の様子



(3)加熱後の下地の様子

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

3) 試験結果のまとめと例示仕様(案)のまとめ

表 例示仕様(案)のまとめ

区分	部位	仕様	備考
1時間 耐火	柱	GB-F(V) 25mm + 21mm	
	はり	GB-F(V) 25mm + 21mm	
	床	上面: GB-F(V) 25mm + 21mm 下面: GB-F(V) 25mm + 21mm	断熱材設置可
30分 耐火	屋根	GB-F(V) 15mm + 12.5mm	断熱材設置可
	階段	GB-F(V) 15mm + 12.5mm	

被覆せつこうボードの目地処理はなくても可

IV 耐火構造部材の技術開発の状況

4) 課題と今後の予定

耐火性能に関する技術的基準（非損傷性）

施行令107条、非損傷性の要求耐火時間

階段	屋根	はり	床	柱	壁		建築物の部分 建築物の階
					外壁 (耐力壁に限る)	間仕切壁 (耐力壁に限る)	
30分	30分	1時間	1時間	1時間	1時間	1時間	最上階及び最上階から数えた階数が2以上で4以内の階
		2時間	2時間	2時間	2時間	2時間	最上階及び最上階から数えた階数が5以上で14以内の階
		3時間	2時間	3時間	2時間	2時間	最上階及び最上階から数えた階数が15以上の階

最上階 (20)
2 19階
3 18階
4 17階
5 16階
6 15階
7 14階
8 13階
9 12階
10 11階
11 10階
12 9階
13 8階
14 7階
15 6階
16 5階
17 4階
18 3階
19 2階
20 1階
GL
21 地下1階
22 地下2階

- 要求耐火時間の異なる部位の接合

例: 30分-1時間
1時間-2時間

- 異なる材料の接合

例: S造-木造

- 2時間耐火部材

V おわりに

- 平成28～30年度研究課題「中高層木造建築物の防耐火関連技術の開発」の初年度における成果を中心に紹介した。
- 次年度以降、引き続き実験的な検討を実施し、木造建築物の中高層化に必要な技術開発を行ってゆく予定である。

ありがとうございました。