

# 火災被害軽減に向けた 取り組みの現状と課題



防火研究グループ 萩原一郎

1

## 目次

- I はじめに
- II 研究の背景
- III 中層大規模木造建築の火災安全
- IV 既存建築物の火災安全
- V 今後取り組むべき課題
- VI おわりに

2

# I はじめに

- 大規模の火災被害

東日本大震災 2011.3.11

火災件数 371件 地震火災212件 津波火災159件

火災による死者 7人

- 日常的に発生する火災(平成24年中)

出火件数 44,189件 内建物火災 25,583件

建物火災による死者1,323人 内住宅火災1,017人

3

## II 研究の背景 防火研究の流れ

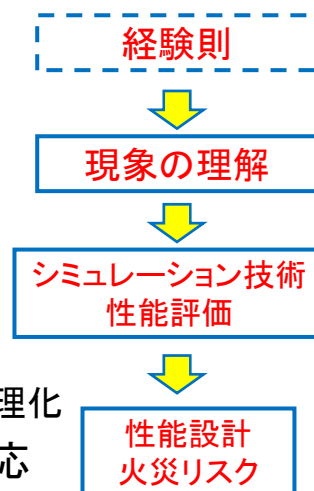
①具体的な火災被害の軽減

- 市街地大火
  - 耐火建築物の火災
  - ビル火災(煙)による死者
- 法令の整備、規制の強化

②防火設計と性能規定化

経験則から工学へ →規制の合理化

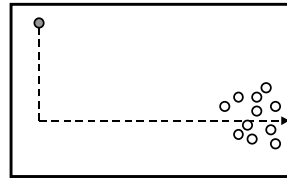
③新たな危険やニーズへの対応



4

## 性能検証の例 避難安全性能の検証

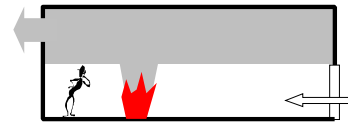
煙にさらされずに避難できること



在館者人数、避難経路  
避難開始時間

+ 歩行時間  
+ 出口の通過時間

避難計画  
出口の数や配置など

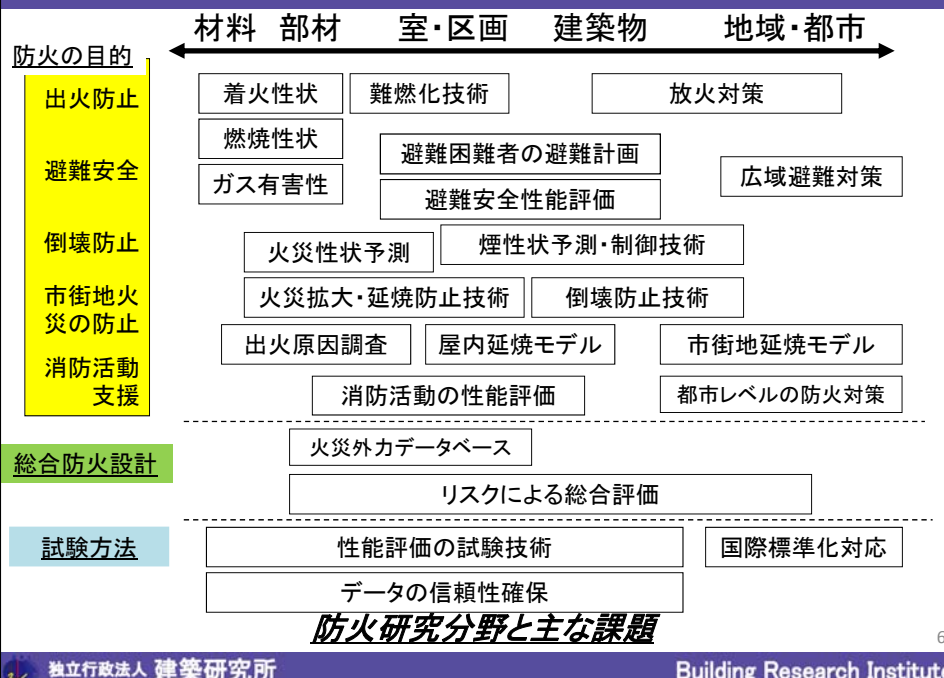


設計火源  
発生する煙の予測

≦ 煙の降下時間

煙制御の計画  
排煙設備、防煙区画など

5



6

## 防火関連の主な研究課題

### ○防火材料

- 材料の燃焼時の特性を把握する試験技術、試験方法の改善
- 新しい材料の燃焼特性を適切に評価できるか？

### ○構造耐火

- 耐火性能を検証するための技術
  - 火災性状や部材への入射熱の予測、防火区画の性能確保など
- 木造建築物の耐火性能の確保

### ○市街地火災

- 市街地延焼シミュレーションモデル、火の粉の飛散性状の予測

### ○火災安全設計

- 防火基準の性能規定化の促進、火災リスクの評価など

7

## H25実施の研究課題

### ○構造耐火

- 多様な加熱強度を被る構造体の保有耐火時間の等価性評価に関する研究 (H25-26)
- 加熱条件や寸法の変化および吸発熱性に応じた耐火性能の推定手法に関する研究 (H25-26)
- 既存建築ストックの再生・活用を促進するための技術及び適用システムに関する研究 (PCM補修) (H23-25)

### ○木造

- 木材の利用促進に資する中層・大規模木造建築物の設計・評価法の開発 (サブテーマ: [防耐火上の基準見直しのための技術資料の整備](#)、H23-25)

### ○市街地火災

- 市街地防火を目指した火の粉の火持ち性状に関する研究 (H24-25)

### ○火災安全設計

- [緊急性が高い既存不適格建築物の火災安全性向上技術の開発](#) (H23-25)
- [グリーンビルディングの火災安全上の課題に関する調査](#) (H25)

8

### Ⅲ 中層大規模木造建築物の火災安全

- 大規模木造建築物に対する防火規制  
←過去の市街地大火の経験

- 近年、欧米では中層木造が実現
- 木造利用、木造建築物への関心



「公共建築物における木材利用の促進に関する法律」2010

- 新しい木造技術 & 規制の見直し

「木材の利用促進に資する中層・大規模木造建築物の設計・評価法の開発」

9

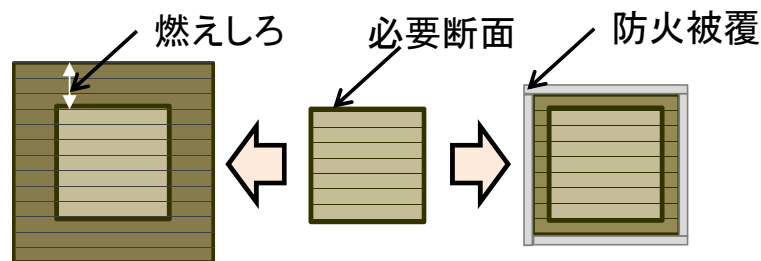
### 1) 木造建築物の防火基準

- 海外においても大規模木造は制限されてきた  
しかし、現在は中層木造が実現可能に
- 階数：概ね4階程度
- 用途：共同住宅、ホテル、事務所  
(病院などの階数は低く制限)
- 耐火性能：1時間 <日本の準耐火性能>
- 消防：スプリンクラーの評価・義務付け
- 内装：不燃化(木部が見えない)
- 木質外装：使用範囲の制限(延焼防止、放水可能)
- 外壁開口部：面積制限(隣棟への延焼防止)

10

## 2) 木質部材の耐火性能

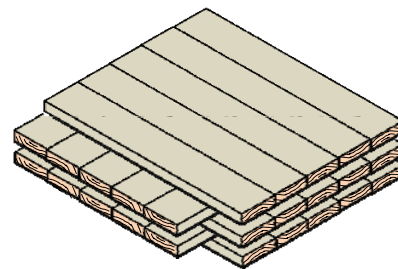
- **メンブレン防火被覆:**  
せっこうボードなどで被覆、木が見えない
- **燃えしろ設計:**  
炭化により遅い燃え進み、大きな断面



11

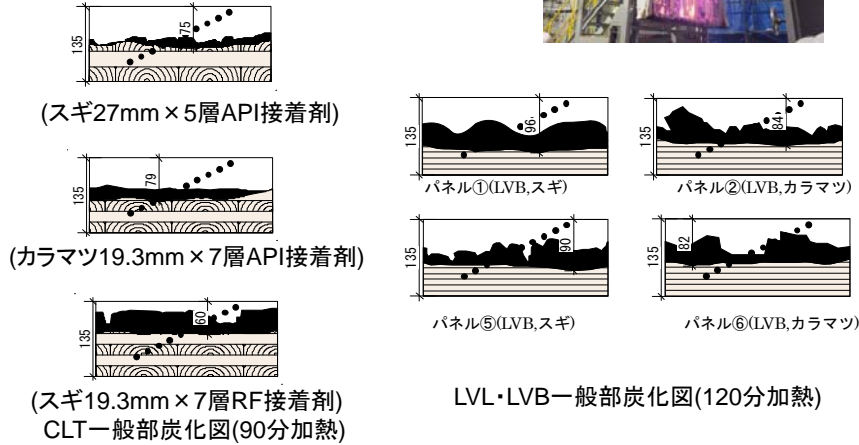
## 木質部材の炭化性状

- CLTパネルと LVB・LVLパネルの加熱試験  
**CLTパネル (Cross-Laminated Timber Panel)**  
比較的厚い断面の板を繊維の直交方向に貼り合わせたもの
- 炭化速度などの基礎的なデータを収集
- 試験体のパラメータ  
壁厚、ラミナ厚、  
樹種、  
接着剤の種類、  
防火被覆の有無など



12

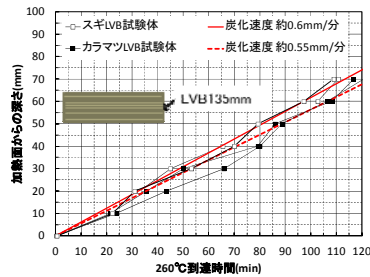
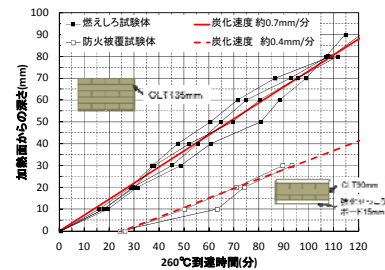
- 加熱試験の結果
- 炭化状況



13

## 炭化速度

- CLTパネル スギ・防火被覆なし:  
炭化速度が約0.7mm/分  
構造用集成材とほぼ同じ
- CLTパネル スギ・防火被覆あり:  
炭化速度が約0.4mm/分に低下  
炭化開始は20-30分遅い
- LVBパネル スギ、カラマツ  
炭化速度は約0.6mm/分
- CLTの方が炭化層が脱落しやすい  
→CLTパネルは構造用集成材と  
同じ炭化速度を適用可能  
防火被覆の効果も考慮可能



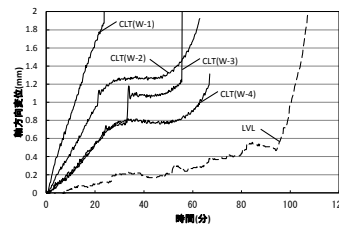
14

## 載荷加熱試験

崩壊荷重の1/3,1/4,1/6で試験

試験体名	部材寸法(mm) (縦×横×高さ)	材種 接着剤 幅はぎ接着	平均含水率 (%)	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	座屈長さ (mm) 細長比 <sup>※2</sup>	載荷荷重 (kN)	座屈時間 (分)	炭化速度 (mm/分)	応力度 (残存断面) (N/mm <sup>2</sup> )	崩壊時の 有効断面積 <sup>※1</sup> (mm <sup>2</sup> )
W-1		スギ・API・無し	10.8	4.58	2300 ・ 46.2	Pμ=934	-	-	20.8	-
			10.3	4.53		(1/3)Pμ=312	24.5	0.42 <sup>※2</sup>	7.8	39855
W-2	共通(150×500×4300)	無し	8.9	4.50		(1/4)Pμ=234	63	0.67	7.8	30000
W-3			10.3	4.67		(1/6)Pμ=156	55	0.63	5.2	30000
W-4			10.3	4.64		67	0.63	5.2	30000	

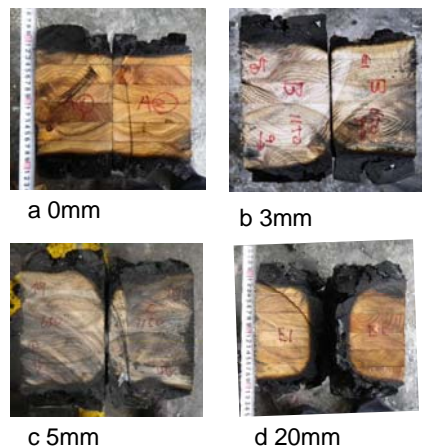
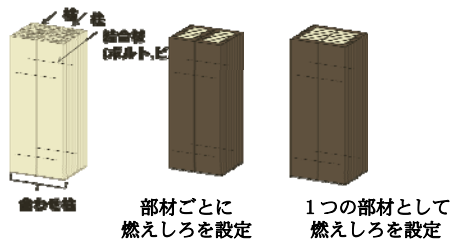
- 直交方向は荷重を支持しない
- 軸方向変位は、一定に増加するのではなく増加しない時間がある
- **直交層は防火被覆の役割**
- 直交層を燃えしろ設計に反映  
ラミナが少ないものは、防火被覆が必要になる場合も



15

## 合わせ部材の炭化性状

- 中断面の部材を組合せた場合について、燃えしろ設計の適用
- 実験から**5mmを越える**と、隙間の炭化が進む
- 部材の隙間が5mmより狭い場合、**一体の部材として燃えしろ設計**を適用することが可能



合わせ部材の炭化性状

16



### 3) 木質内装空間の火災性状

同じ内装の仕上げでも、空間規模の違いが火災性状に及ぼす影響を把握

- 仕様1 天井: 不燃、壁: 木材
- 仕様2 天井: 木材、壁: 木材

- 小規模の空間  
仕様1と2 どちらもFO発生
- 教室規模の空間  
仕様1 天井不燃はFOに至らず  
仕様2でも火災成長が遅い

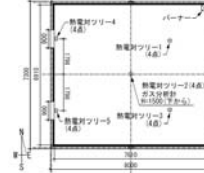
→木質内装空間の性能評価ができる  
と、安全に木材を利用できる範囲  
を拡大できる可能性

小規模空間

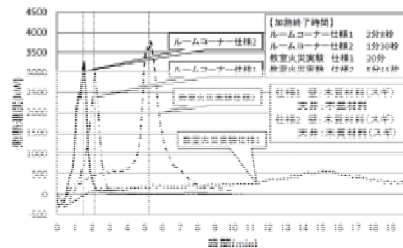


天井高さ 2.3m  
面積 約7.2㎡

教室規模の空間





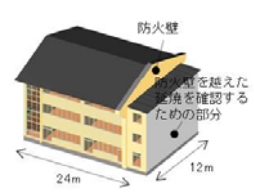
天井高さ 2.79m  
面積 約58.4㎡



### 4) 木造3階建て学校の実大火災実験

目的: 実大火災実験、部材実験、教室規模実験等を実施し、木造3階建て学校に必要とされる火災安全性を把握する

項目	H23	H24	H25
実大規模の建築物による実験 (木造3階建て学校)	→	→	→
教室規模(木質内装)の実験・部材の加熱試験等	→	→	→
シミュレーション等の調査分析		→	→

	予備実験 H24.2.22	準備実験 H24.11.25	本実験 H25.10.20
外観			
構造	1時間の準耐火構造(現行は耐火構造を要求)		
内装	壁:木質仕上げ 天井:木質仕上げ	壁: <b>不燃材料</b> 天井: <b>不燃材料</b>	壁:木質仕上げ 天井: <b>準不燃材料</b>
庇・ バルコニー	なし	<b>あり</b>	なし
目的	基礎的な知見を得る	防火対策の効果確認	基準案の検証

19

予備実験 2012.2.22

実験結果:

- ①出火室は**短時間にフラッシュオーバー**が発生
- ②噴出火炎による**上階への延焼**  
約30分後には3層が同時に延焼
- ③**防火壁を越えた延焼**
- ④倒壊

96分後には、防火壁が倒壊。  
122分後には全て倒壊。

課題:

**早期の上階延焼防止、  
防火壁を越えた延焼の防止など**



噴出火炎による上階延焼(6分後)



3層が同時に燃焼(33分後)

20

準備実験 2012.11.25

実験結果：

- ①内装不燃のため局所的な燃焼に留まる  
**着火後50分に再着火**
- ②出火室は89分後にフラッシュオーバー  
**噴出火炎では上階延焼はせず**
- ③床の燃抜けで129分後に2階へ延焼
- ③噴出火炎により139分後に3階へ延焼
- ④消火後も倒壊なし

結果：

- ・内装の不燃化、バルコニー・庇による  
早期の上階延焼防止の効果あり
- ・防火壁、階段区画には延焼なし

→**基準化の検討**



89分後にフラッシュオーバー



139分後 3階に延焼

21

本実験 2013.10.20

実験結果：

- ①火災が局所的な燃焼に留まる  
**着火20分後に再着火**
- ②出火室は66分後にフラッシュオーバー
- ③噴出火炎により82分後に2階へ延焼
- ④噴出火炎により87分後に3階へ延焼  
**散水を断続的に行い燃焼を制御**
- ④155分後実験終了、消火後も倒壊なし

結果：

- ・天井不燃化による早期の延焼拡大抑制
- ・階段区画、防火壁を越えた延焼なし
- ・試験体の倒壊なし

→**基準としてとりまとめ**



フラッシュオーバー 68分後



2階から噴出火炎 83分後

22

## VI 既存建築物の火災安全

### 背景と目的

- 防火関連規定は規制強化を繰り返してきた結果、既存不適格の建築物が発生
  - 竪穴区画の既存不適格の可能性あり 約10万棟
- 火災安全上の問題があるが、防火改修が進まない
  - 適切な防火改修が実施しやすい環境を整える
  - 例えば、高性能・高機能の対策付加、ソフトの対策など

目的： 既存不適格建築物の火災安全性を向上させるため、適切な防火改修などを選択・実施するために必要な総合的な評価手法の開発

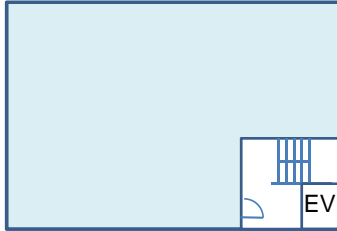
23

## 1) 研究開発の具体的計画

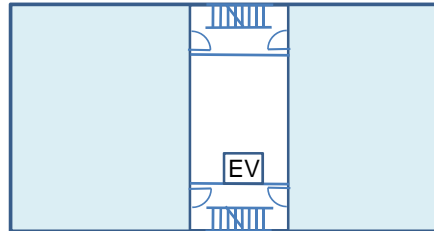
- (1) 防火規定に関する既存不適格の実態調査
- (2) 既存不適格建築物に特徴的な火災危険性の類型化
  - 特に竪穴区画に注目し、改修パターンを示す
- (3) 既存不適格建築物の火災安全性能評価手法の開発
  - 実態に基づく初期火災性状、煙性状の予測など
  - 維持管理の状況、可燃物、在館者の管理など

24

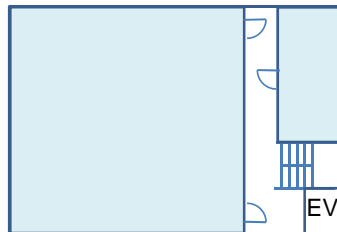
火災安全上の問題があると思われるケース



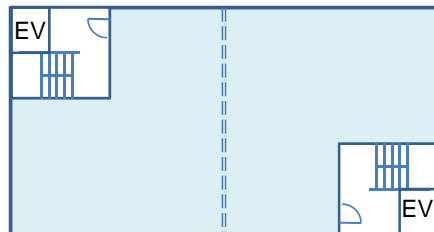
階段が区画されていない



階段の踊り場が廊下の一部で階段が区画できない

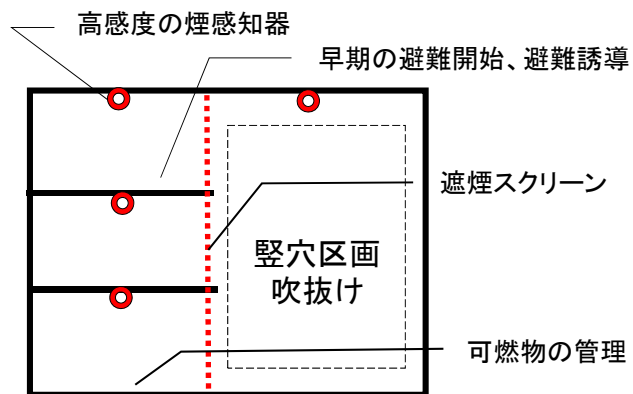


階段の踊り場が廊下の一部で階段が区画できない



テナント区画により2方向避難が確保されていない

25



<改修パターンの例>

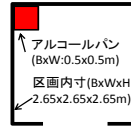
- a) 高性能・高機能のハードの対策を付加
- b) ハード対策の不備をソフト対策で補う
- c) その他

26

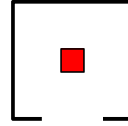
## 火災安全性能評価手法の開発

可燃物配置が異なる場合の火災性状予測

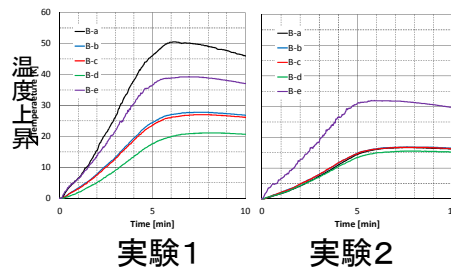
・可燃物の量が同じでも配置により区画内の温度分布が異なる  
→可燃物配置を評価



実験1



実験2



実験1

実験2

27

## V 今後取り組む課題

### ① 中小規模建築物における火災被害の軽減

大規模・高層の建築物は火災リスクを減らすために何重にも防火対策

小規模の建築物は火災リスクが高い？



### ② 持続可能な社会に対応した防火対策

内装や外装への安全な木材利用

グリーンビルディングの火災安全



28

## V 今後取り組む課題(続き)

### ③避難弱者への対応

自力での避難な困難な人の避難安全

避難安全のバリアフリー、  
エレベータ利用避難など



### ④防火基準の更なる性能規定化

性能検証法の改善、拡充

地震後の建築物の火災安全

防火対策の耐震化、市街地火災と広域避難など

29

## VI おわりに

- 火災安全に関する研究成果が、新しい空間の実現に貢献
- その陰でその恩恵を受けていない建築物も
- 災害は弱いところに集中
- 研究は先回りして備えておくことが重要

30