

木質内装仕上の防火対策に関する近年の取り組み

建築研究所 防火研究グループ
野秋 政希



国立研究開発法人 建築研究所

I はじめに



- ・SDG s 気候変動対策
 - ・低炭素社会の早期実現
- 木材の利用促進

- ・意匠性が高い
 - ・心理的効果や調湿性
- 現しとしてのニーズ

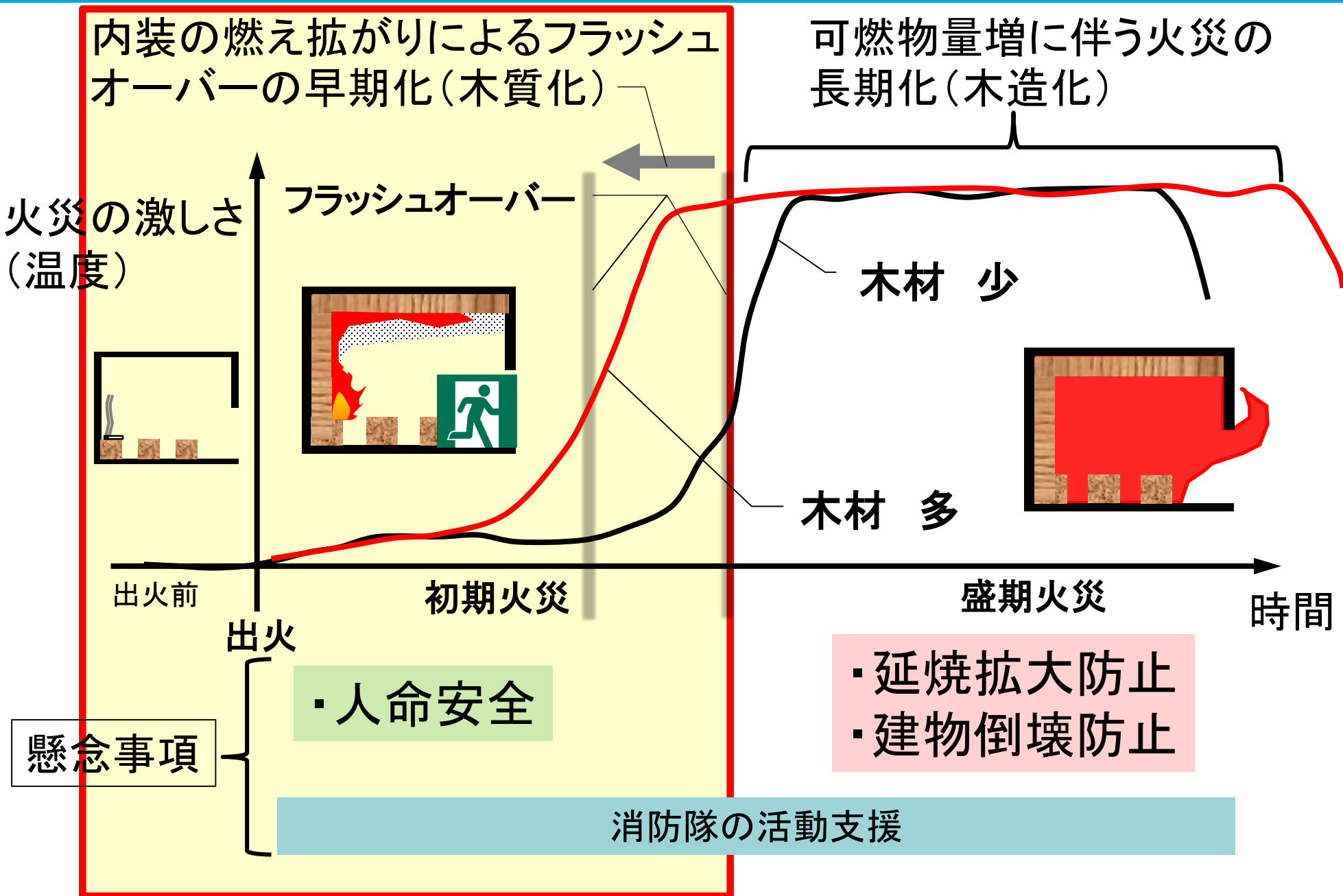
木質系内装材は初期火災における火災拡大の主要因の一つ

ニーズに配慮した
木材利用促進

両立

火災安全性





II 現行の建築基準法において 木質内装仕上げが利用可能な条件



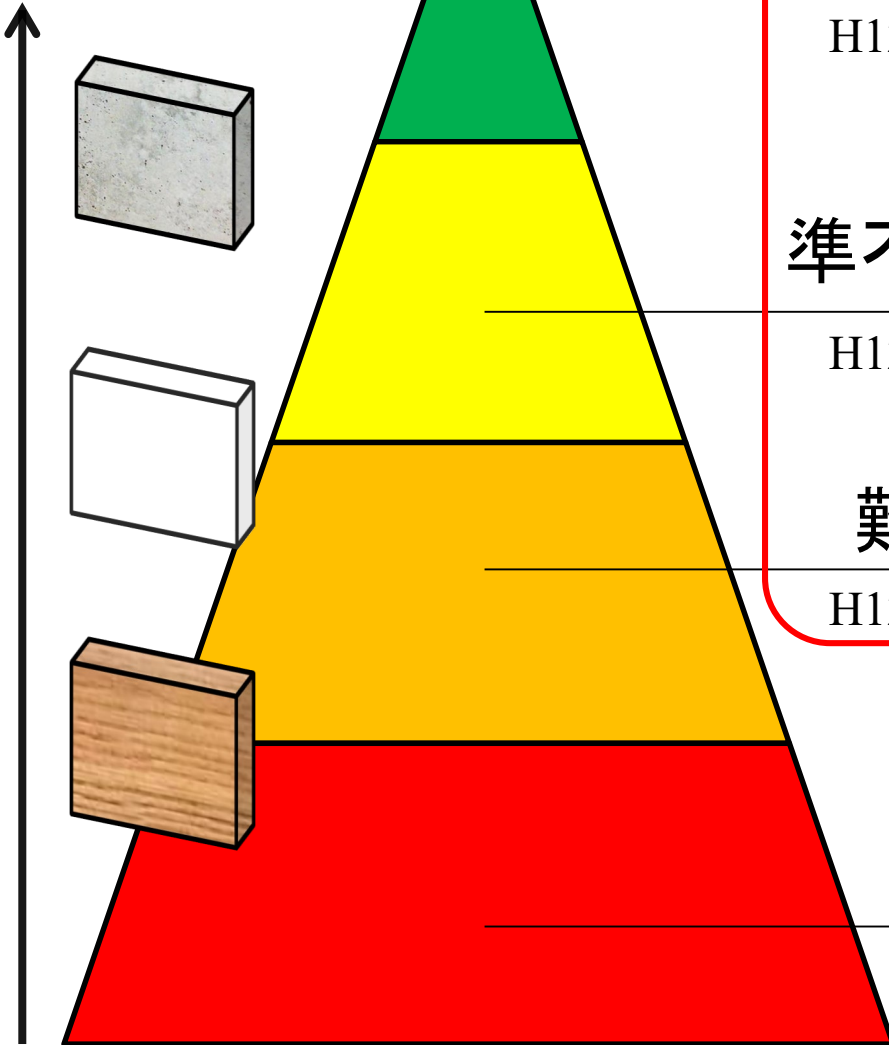
11 1) 内装制限の制定の経緯と防火材料

内装材を燃えにくくする or 燃え広がりにくい使い方をする。

内装制限の適用を受ける建築物（法35条の2、令128条の4）

用途等		①劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場等	②病院、診療所(患者の収容施設があるものに限る)、ホテル、旅館、共同住宅、寄宿舎、下宿、児童福祉施設等 事例3	③百貨店、マーケット、展示場、カフェ、飲食店等 事例4	地階、地下工 作物内の①～ ③の用途	自動車車庫、 自動車修理 工場	排煙上の無 窓居室(天井 高が6mを超 えるものを 除く)	火を使用する調 理室、浴室、ポイ ラー室、作業室 等	大規模建築物 事例1
制限の対象となる構造と 用途に供する床面積	耐火建築物	客室が 400㎡以上	3階以上の 部分の合計が 300㎡以上	1,000㎡以上	用途 (低層・小規模や 学校を除く)	すべて	無窓	火 気 使 用	<ul style="list-style-type: none"> 階数3以上で延べ面積500㎡超 延べ面積1,500㎡超 階数1以上で延べ面積3,000㎡超
	準耐火建築物	客室が 100㎡以上	2階部分の 合計が 300㎡以上	2階部分の 合計が 500㎡以上					
	その他	床面積の							
内装材料 (天井・壁)	用途に供する居室等	難燃材料 ※床面から1.2m以下の壁を除く ※3階以上の建築物の天井は、準不燃材料				準不燃材料			難燃材料 ※床面から1.2m以下の壁を除く
	通路				準不燃材料				

防火性能
の高さ



防火材料

不燃材料

H12建告1400号

材料の例(告示より)

- ・コンクリート
- ・鉄
- ・レンガ

準不燃材料

H12建告1401号

- ・石膏ボード 9mm厚以上
- ・木片セメント板 30mm厚以上

難燃材料

H12建告1402号

- ・石膏ボード 7mm厚以上
- ・難燃合板 5.5mm厚以上

その他

その他

(例: **木材**, プラスチック)

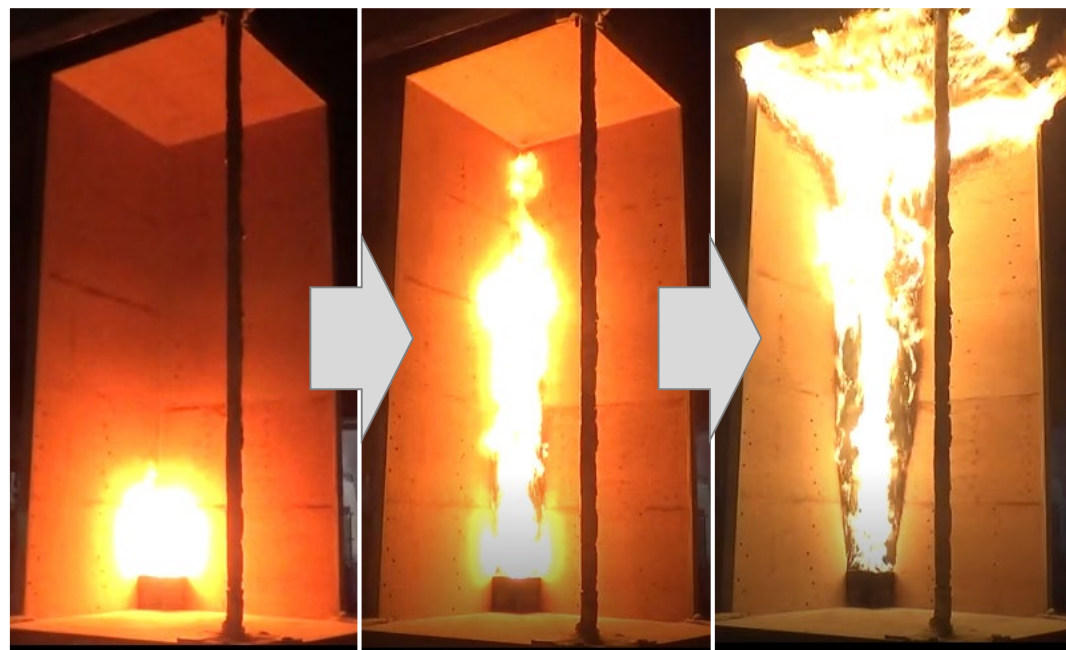
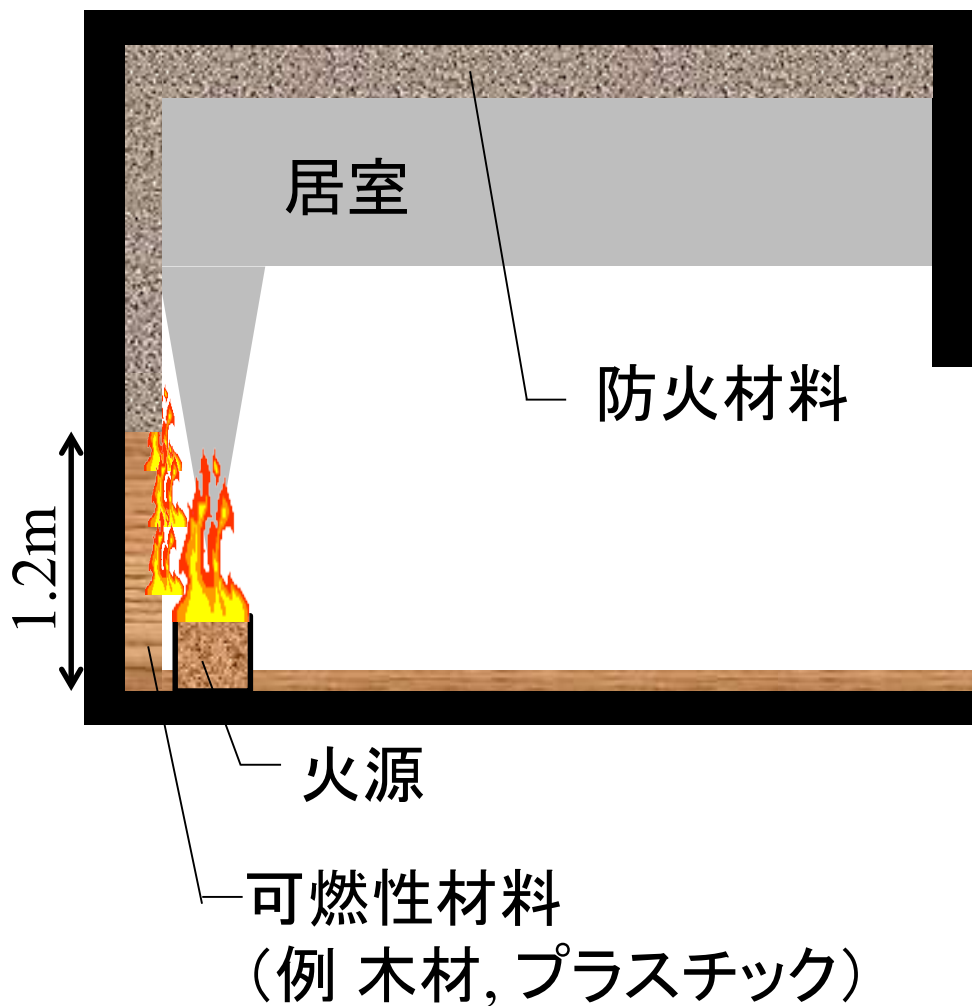
II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

番号	条件※1	対象部位※2		対象条文等
		壁	天井	
(a)	床および床上1.2m以下の壁や窓枠等(一部の用途を除いた居室)	※3		令第128条の5
(b)	難燃または準不燃材料の大臣認定を取得した木材	○	○	令第128条の5
(c)	壁と天井の見付面積の1/10以下の範囲	○	○	建築物の防火避難規定の解説(JCBA)
(d)	天井を準不燃材料とした居室(難燃材料を要求されている部分のみ)	○		H12年建告第1439号
(e)	天井を			
(f)	100m			
(g)	の建築物における避難階または避難階の直上階で、屋外への避難が容易な建築物の部分(一部の用途を除く)	○	○	R2国交告第251号二号
(h)	スプリンクラー設備等と排煙設備を設置した建築物の部分	○	○	R2国交告第251号四号
(i)	火気近傍を特定の不燃措置した火気使用室	○	○	H28国交告第225号
(j)	避難安全検証法により安全性を検証した建築物の部分	○	○	令1第29条、令第129条の2 ₇

**建築基準法施行令第128条の4および令第128条の5に関連する内装制限を対象とし、
 他の基準(例えば、高層面積区画や排煙設備の設置免除規定、消防関係法令など)は対象外**

II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

(a) 居室の床面と腰壁(床上1.2m以下)



<燃え拡がり>

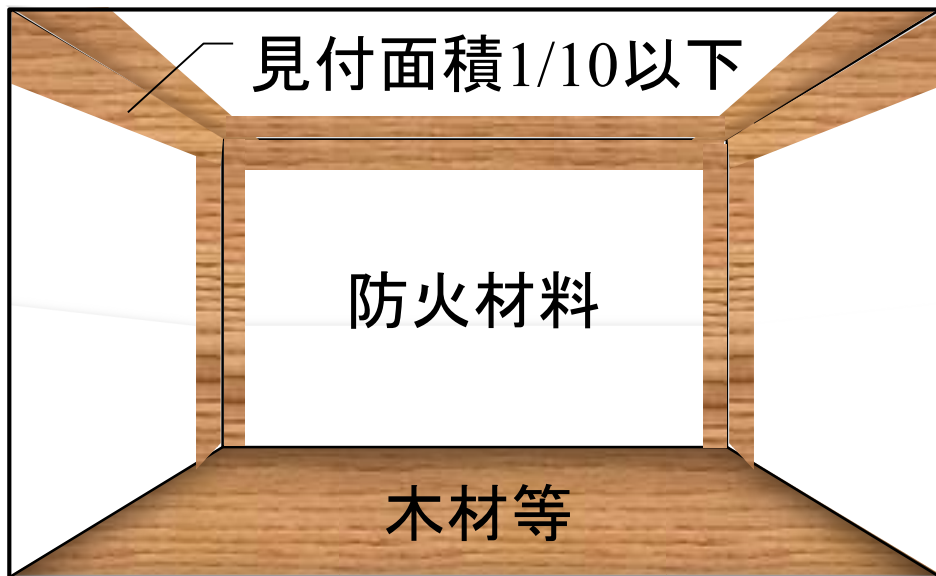
壁上方や天井面下 → 速い

壁の側方や床面 → 遅い

ただし、火気使用室や廊下・階段等においては腰壁も規制対象

II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

(c) 壁、天井の見付面積の1/10以下

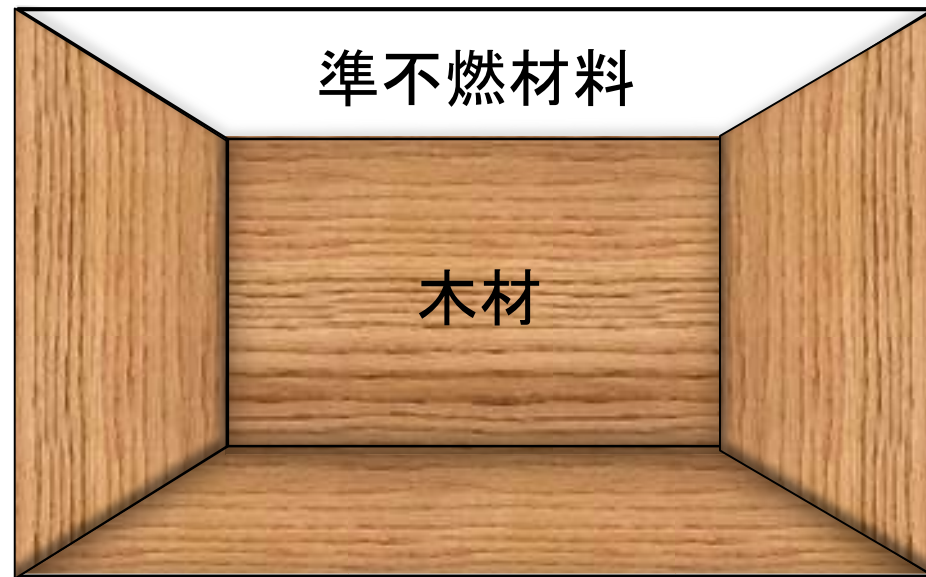


日本建築行政会議「建築物の防火避難規定の解説」の中の「内装制限における柱・はり等の取扱い」という運用基準

< 注意点 >

- ・H28国交告第225号)には適用不可
- ・特定行政庁によって取り扱いが異なる可能性有り

(d) 天井を準不燃材料とした室の壁 (みなし難燃) H12建告1439号



難燃要求のみ

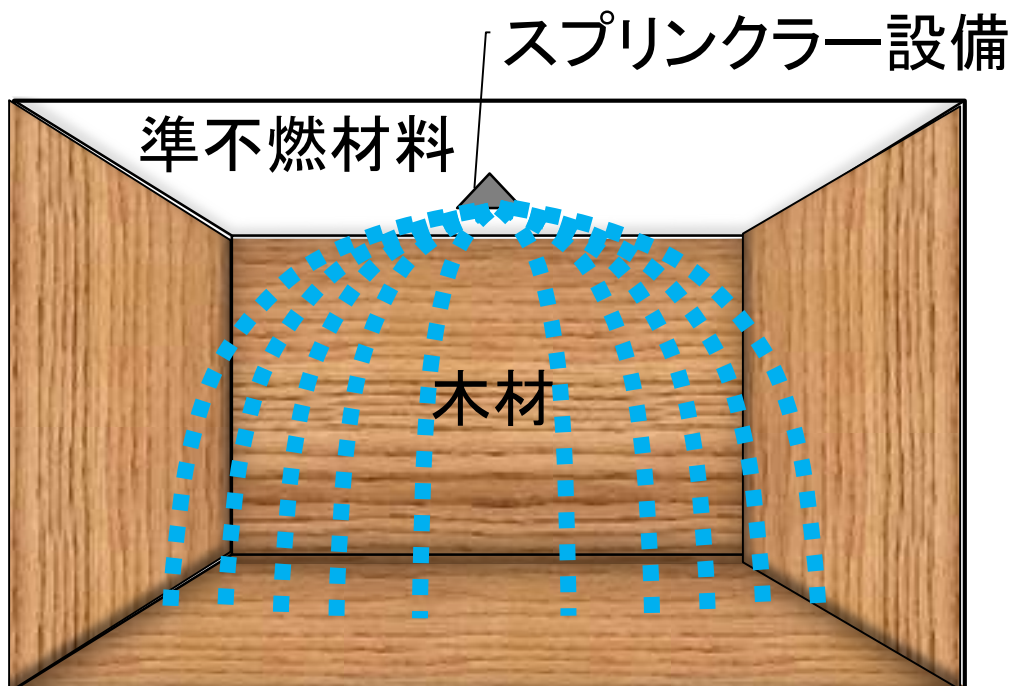
< 木質内装仕上げの条件 >

- ・火炎伝播を助長しない溝を設けないこと
- ・木質仕上げの厚さが25 mm未満の場合には下地の構造に制限有り

II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

(e) スプリンクラー設備を設け天井を準不燃材料とした室

R2国交告251号3号



※壁の上部も十分な散水されるよう、スプリンクラーヘッドを可能な限り、木質仕上げを施した壁面の近傍に設けることが望ましい。

スプリンクラー設備と排煙設備の併用でも内装制限の適用除外可能(h)

(f) 100m²以内に区画された天井高さ3m以上の居室

R2国交告251号1号



間仕切壁・20分防火設備※等
(居室とそれ以外の部分の間)

※要遮煙性、スプリンクラー有りの場合は10分防火設備とすることもできる。
一部の用途(劇場・病院等)は不可

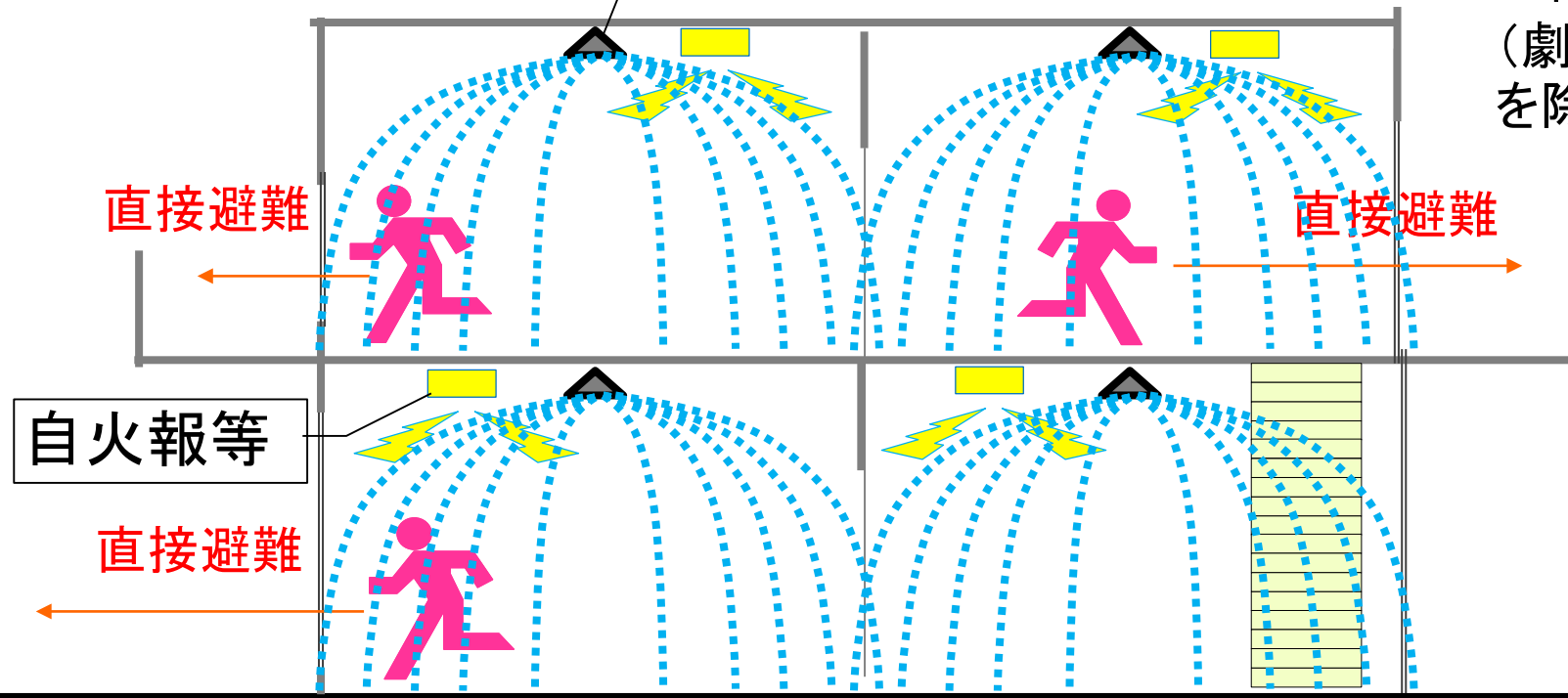
II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

(g) スプリンクラー設備等を設置した延べ面積500m²以下の建築物における避難階または避難階の直上階に存する避難が容易な建築物の部分

R2国交告251号2号

スプリンクラー設備等

一部の用途
(劇場・病院等)
を除く

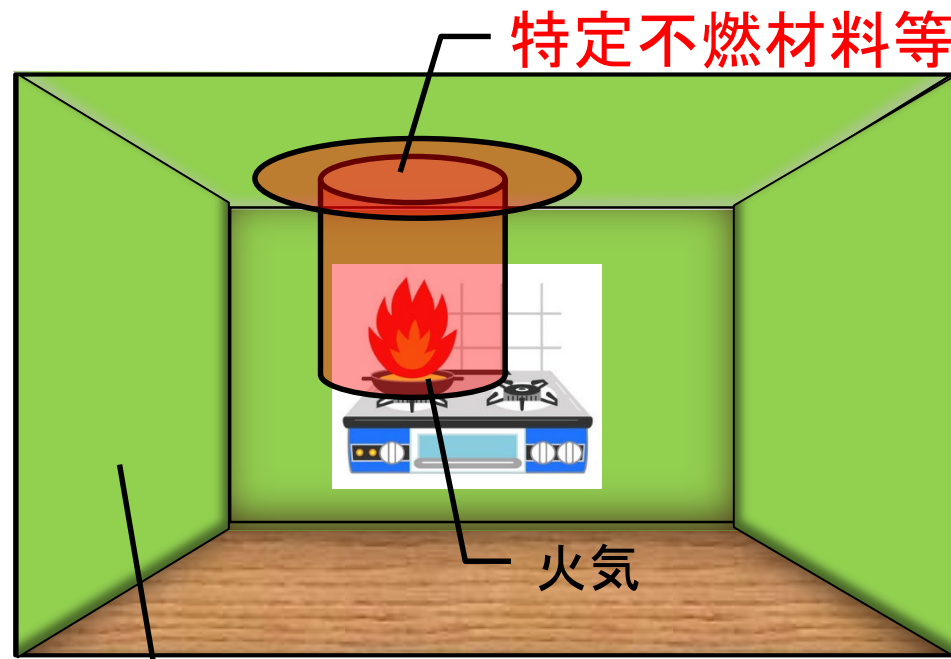
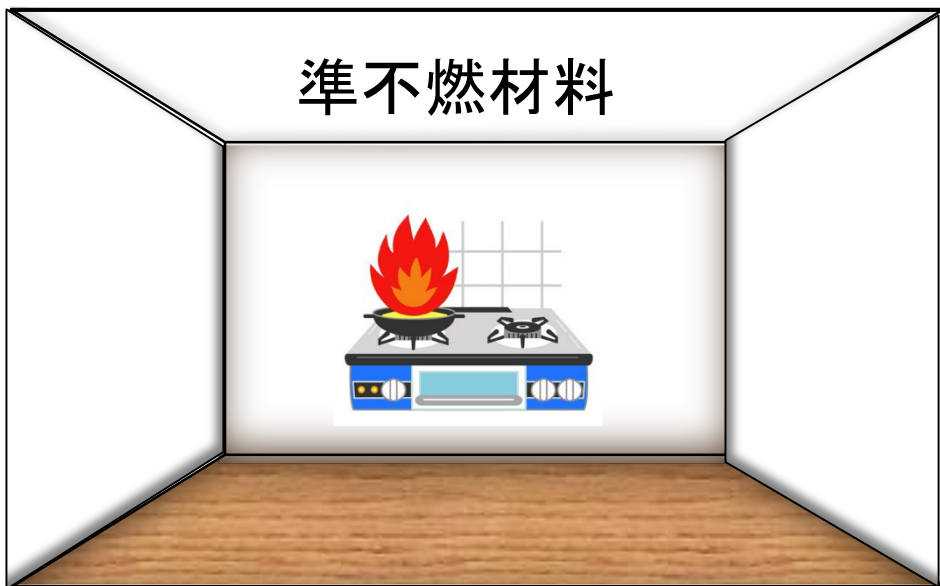


各部分から屋外への出口等までの歩行距離を20m以下(バルコニーは10m以下) → 適用上のボトルネックとなりうる。

⇒ 日本家屋のように勝手口や縁側などが建築物の各所に存する建築物において有効

II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

(i) 火気近傍を特定の不燃材料とした火気使用室 **H21国交告225号**
 令128条の5 第6項 改正 → 飲食店の厨房等以外も可



＜特定不燃材料＞

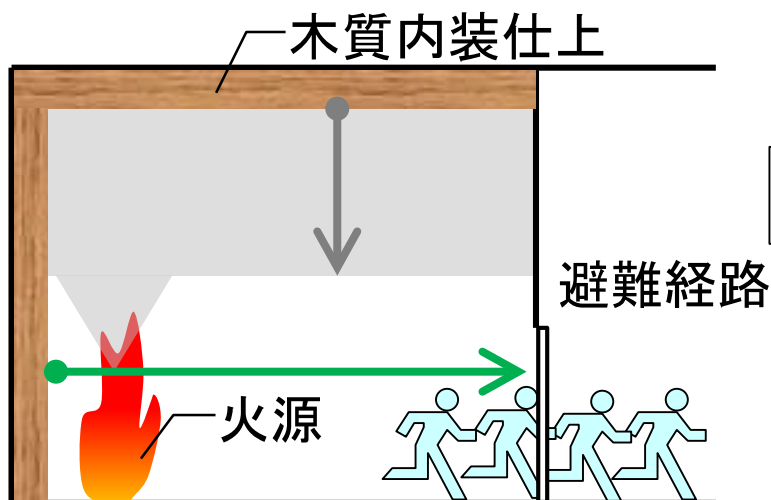
H12建告1400号に例示されている不燃材料のうち、火熱により脱落や溶融するおそれのある「アルミニウム」と「ガラス」を除いたもの
 (大臣認定の不燃材料は不可)

● 火気使用室以外の内装制限も適用される場合は当該基準に倣った防火材料仕上とする。

II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

(j) 避難安全検証を適用した建築空間

検証対象： 煙が避難上支障のある高さまで降下する前に避難完了すること



煙降下時間 > 避難完了時間

ルートB2の導入により、

- 壁の木質化が比較的容易
- 天井への接炎以前に避難完了できれば天井も木質内装仕上げが可能※
- スプリンクラーの効果も考慮

避難安全検証

ルートB(告示検証法)

ルートC(高度な検証)

ルートB1

ルートB2

<木質内装仕上げの取扱>

煙の発生やすさが木質内装仕上げの設置部位に依らず一律に大幅に増加

煙の発生やすさが木質内装仕上げの壁と天井で異なる。

壁：火源の煙発生を助長

天井：接炎と同時に避難不能

※ 別途、煙層下端高さや煙層の温度に関する制約もある。

Ⅲ 木質内装仕上げの新たな防火対策 に関する直近の検討動向



III 1) 検討の背景



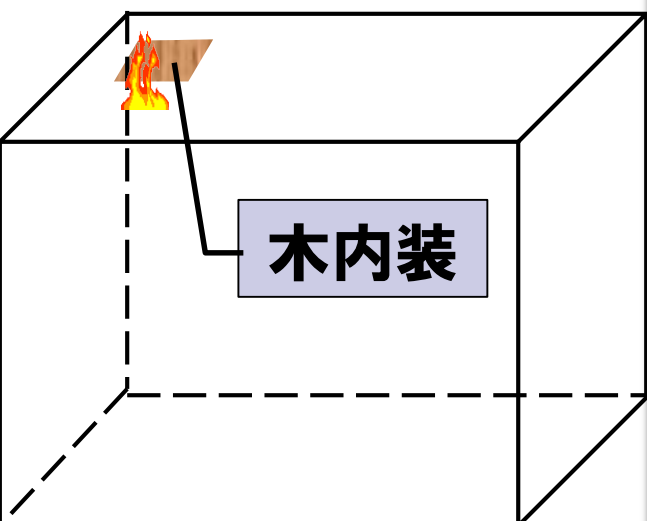
＜近年のニーズ＞
木製の梁や部分的な天井木材仕上げ
(意匠性や管理上の観点)



天井の木質内装仕上は緩和が少ない。
天井面の燃え拡がりが速い。→

- ・小規模建築 or 小規模居室 → 適用建物の制約
- ・防火材料の大臣認定 → コスト・管理の負担
- ・避難安全検証 → 専門知識の必要性

III 1) 検討の背景



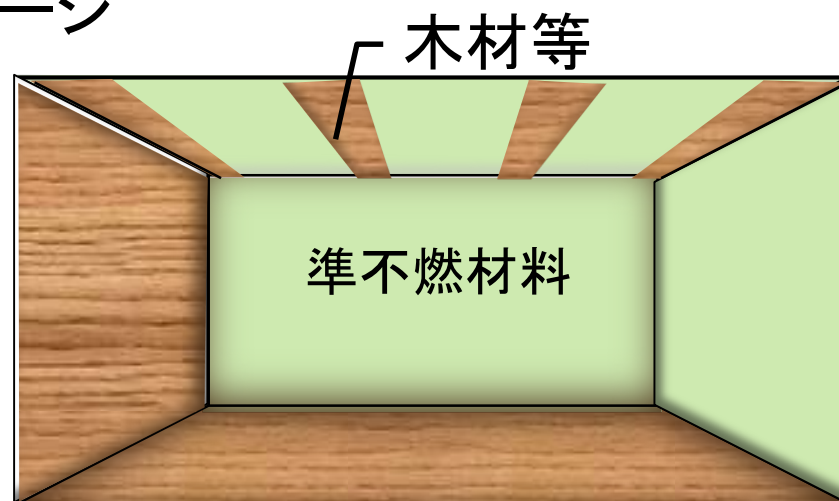
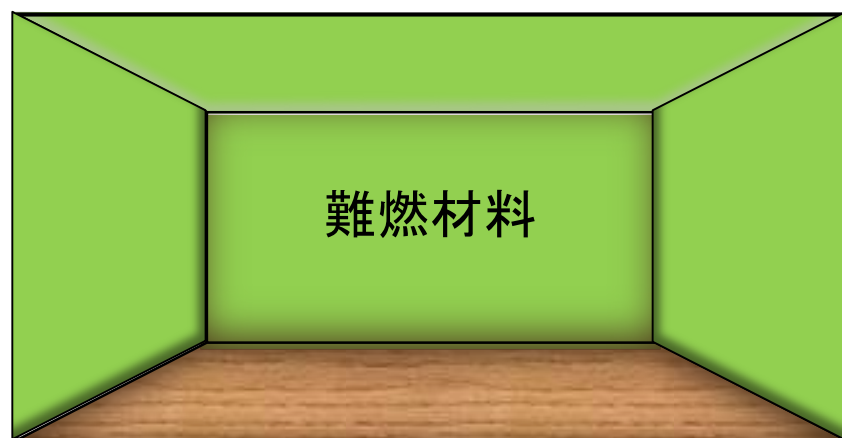
○天井のごく一部分(例えば10cm四方)だけが可燃材となっても、当該部分の燃焼により火災拡大が助長されるとは思えない。

→ どこまでなら防火上支障がないのか？

→ 防火材料の要求レベルによって異なる。

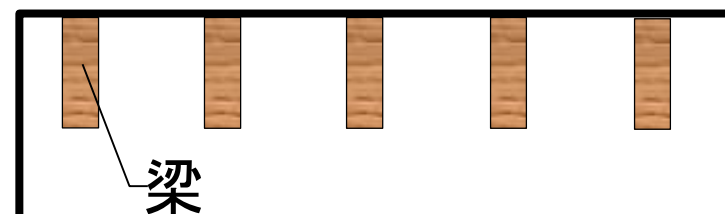
→ 防火上支障の無い木質内装仕上の範囲を内装制限の要求レベル(難燃・準不燃)に応じて検討。

防火材料仕上と同等の部分木内装のイメージ



壁天井難燃 = 天井準不燃・壁木材(H12建告1439号) → バリエーションの拡充

III 1) 検討の背景



底面+両側面 \leq 天井面積の1/10
⇒ 通常の梁の寸法・設置間隔では当該条件を満たすことが難しい。

室内垂直断面



柱・梁

- 木質耐火構造部材の開発・普及
 - 燃えしろ設計が中高層の建築物へも適用可
- (例: 火災時倒壊防止構造、避難時倒壊防止構造)

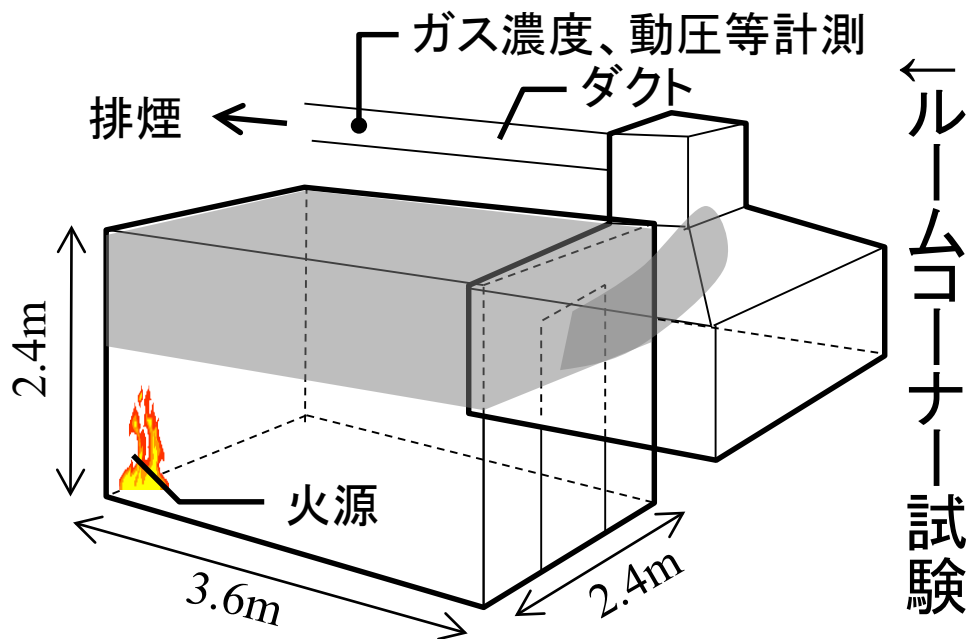
III 2) 検討の概要

難燃材料・準不燃材料の同等性

<性能規定化以前の総プロ>

部位ごとの内装材の組合せを
大規模の区画で性能確認する
手法が提案

(ルームコーナー試験 ISO9705)



現行の防火材料の性能評価試験

⇒ **材料単体**としての防火性能

→ 発熱性試験



→ 模型箱試験



III 2) 検討の概要

ルームコーナー試験の特徴



前面：開口付きの壁
(開口幅0.8m×高さ2.0m)



●区画の規模と火源条件から最も危険な火災シナリオ → ルームコーナー試験でFO※しなかった内装設計は、試験区画以上の規模の室でもFOしないと言える。

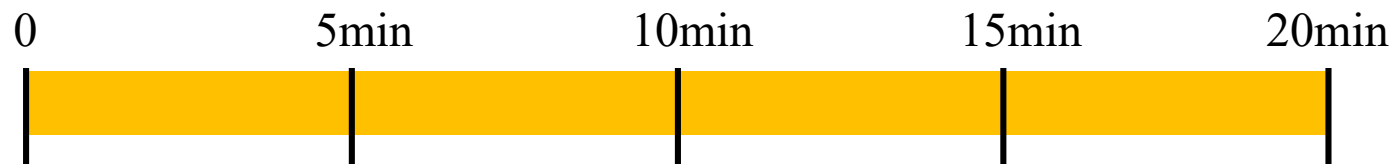
実験の様子(5倍速)



壁全面: 木材
天井: 不燃材



壁一面: 木材
残りの面: 不燃材



<火源>

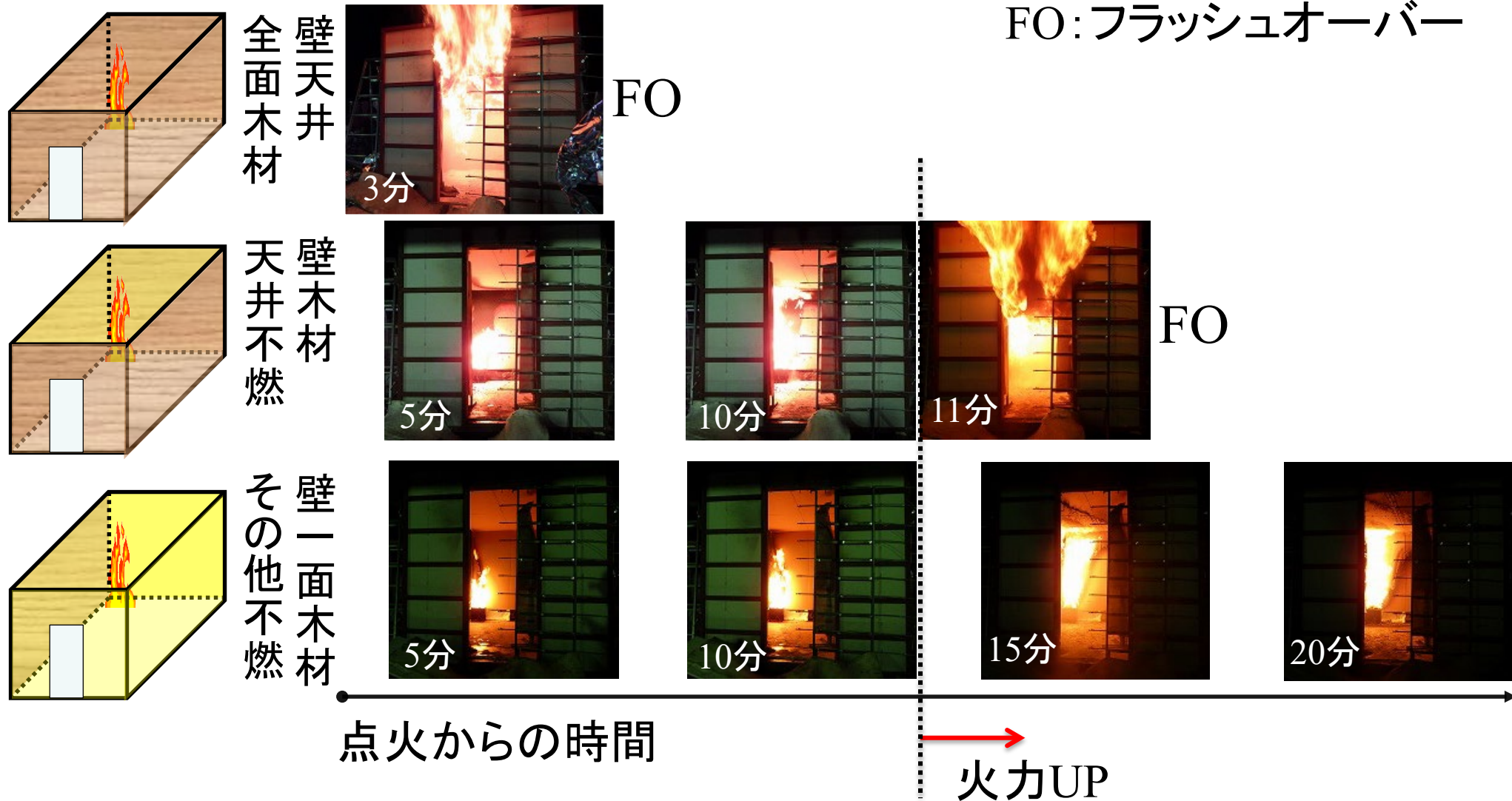
前半10分間: 100kW

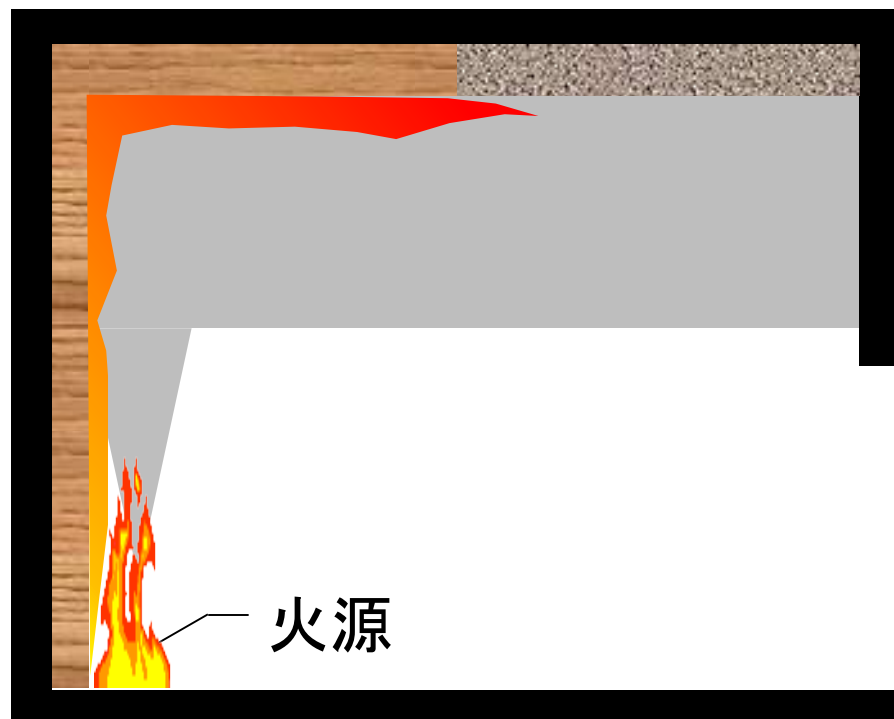
後半10分間: 300kW

部分的な木質内装空間の火災拡大性状確認実験

- 木内装の設置範囲が広いほどFO発生が早い。

FO:フラッシュオーバー





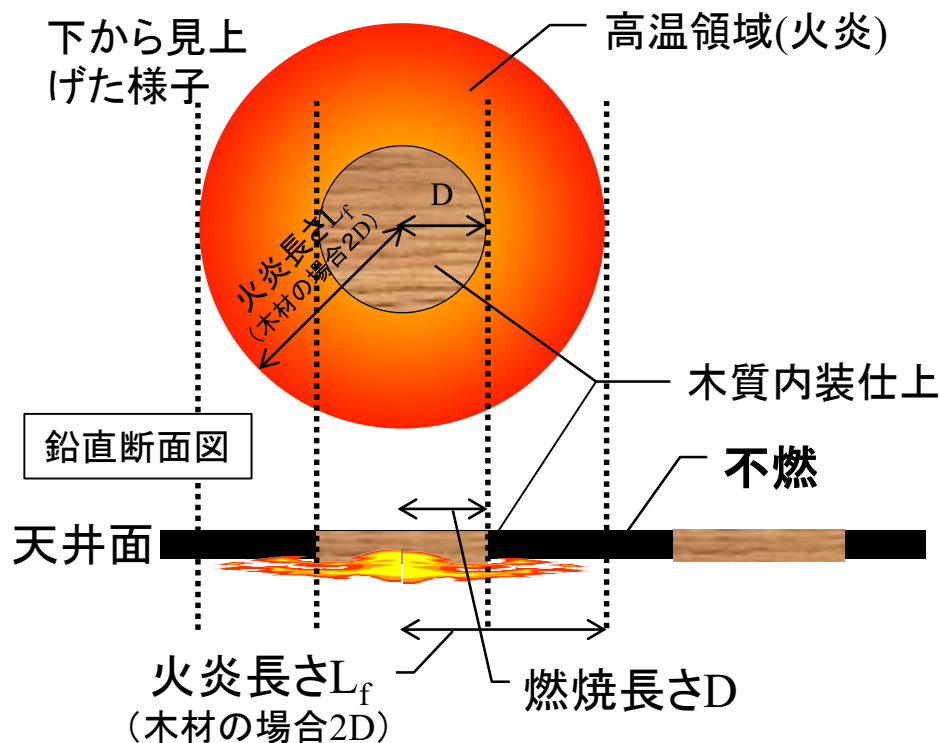
●主に室内の上部に設置された木内装の設置面積が大きいほどFO発生が早い。

⇒ 当該実験の結果等に基づき、内装制限の要求レベル(難燃・準不燃)に応じた木質内装仕上の許容面積を検討
(直近の検討→ 難燃:周壁面積の約4割、準不燃:約2割 (排煙窓無し))

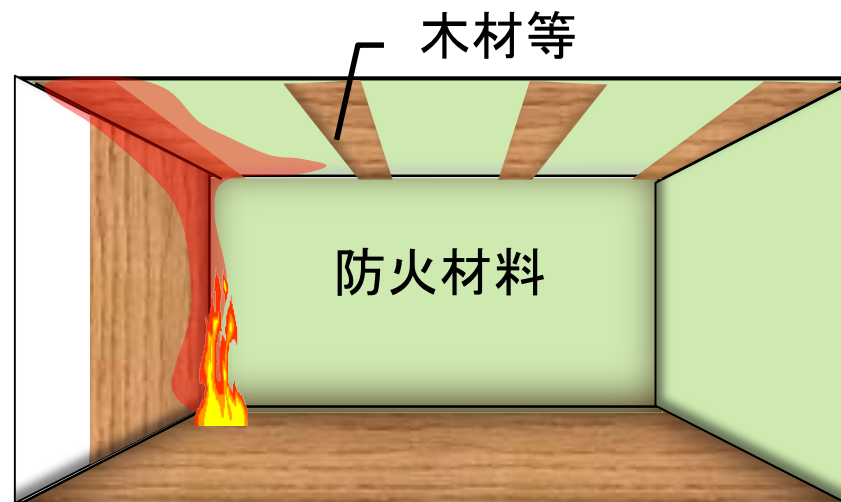
天井面の局所的な燃え拡がりの抑制について

- 室内全体の木内装の上限面積を制限し、室全体の煙層温度の昇温を抑制できたとしても、**局所的に多くの木材が設置されると、当該部分で出火した場合に局部的に勢力の強い火災に発展しかねない**

⇒ **天井における木内装の密集配置の制限**



局所的に木材が設置された場合

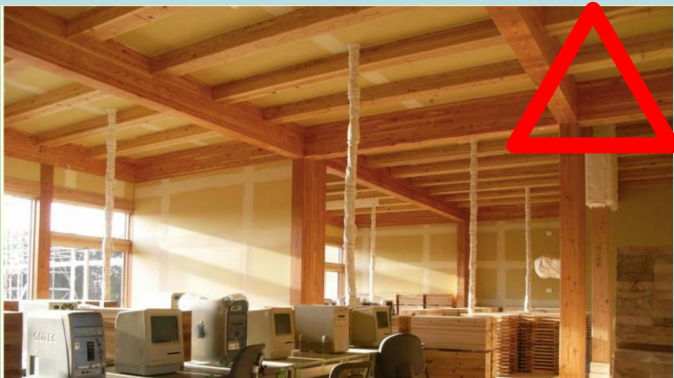


離散的に木材が設置された場合

実際の建物を想定した基準案に基づくケーススタディ

難燃材料相当

柱梁現し



大梁・小梁・柱現し



大梁(一方向掛け)

天井現し



天井全面木現し



天井部分木現し

ルーバー等



密



疎

木材現し部の総表面積の制限と天井面における一定の離隔の確保による新たな木材現しの防火対策について検討している。

本報では、主に木質内装仕上げの燃え拡がりによる火災拡大の助長を抑制する観点で、防火上支障の無い木質内装仕上げの仕様、または、室や設備等の条件について、近年の基準改正も含めた現行基準の内容を概説した。また、現行基準では実現できない木質内装仕上げのニーズに対する新たな対策について直近の検討状況を紹介した。

II 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件

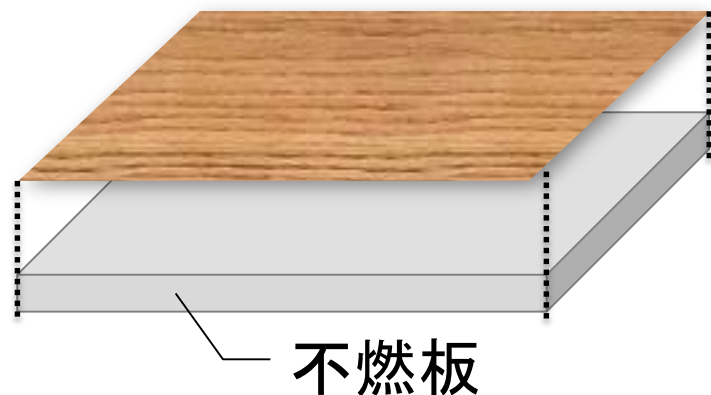
(b) 防火材料の大臣認定を取得した木質内装仕上げ(難燃化・不燃化)

性能規定化 ⇒ 大臣認定制度

→ 木質不燃材料の多様化

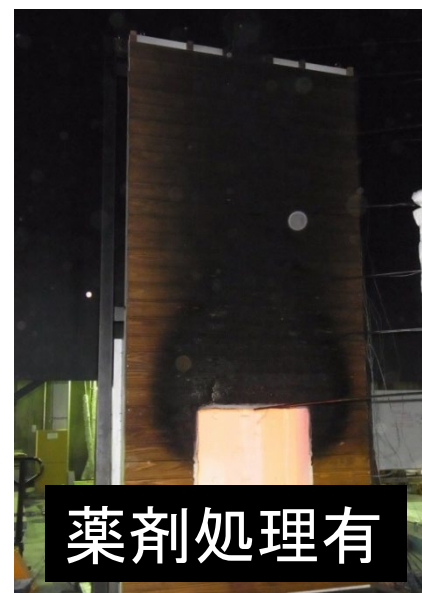
- 難燃処理薬剤の含浸
- 防火塗料の塗布
- 不燃板への突板の貼付

難燃薬剤の含浸、
防火塗料の塗布↓



不燃板

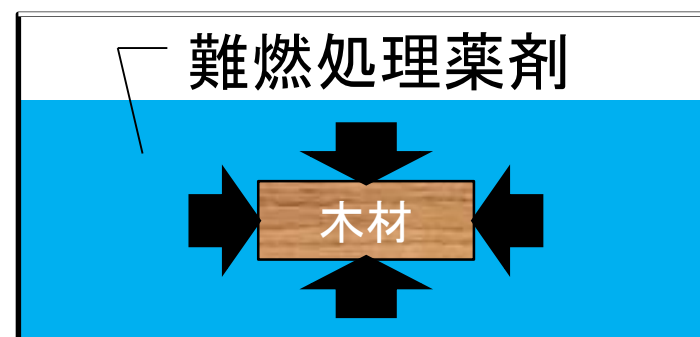
↑ 不燃板への木材の薄板の張付

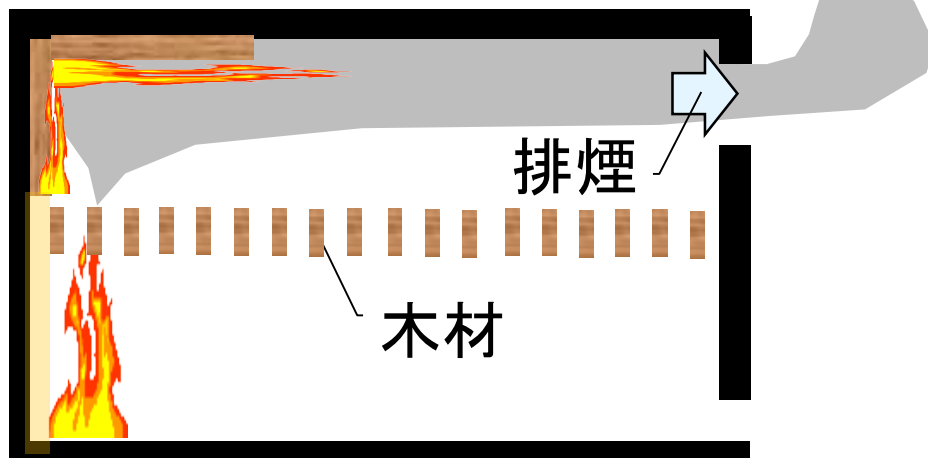


薬剤処理有



無処理





＜大きな排煙窓が取れる場合＞

○熱気が室内に籠らないため、フラッシュオーバーが起きにくく、その分木質内装仕上の利用上限面積が緩和される。

○煙層に曝されない程度に木製ルーバーが低い位置に設置される場合には木質内装仕上の利用上限面積の算入にカウントしない。

沖縄県那覇市首里城跡火災 →

発生日時：令和元年10月31日



広島県福山市加茂中学校

木造体育館火災 ↓

発生日時：平成12年10月17日



三重県建築賞一般部門 知事賞

三重県いなべ市笠間保育園火災 →

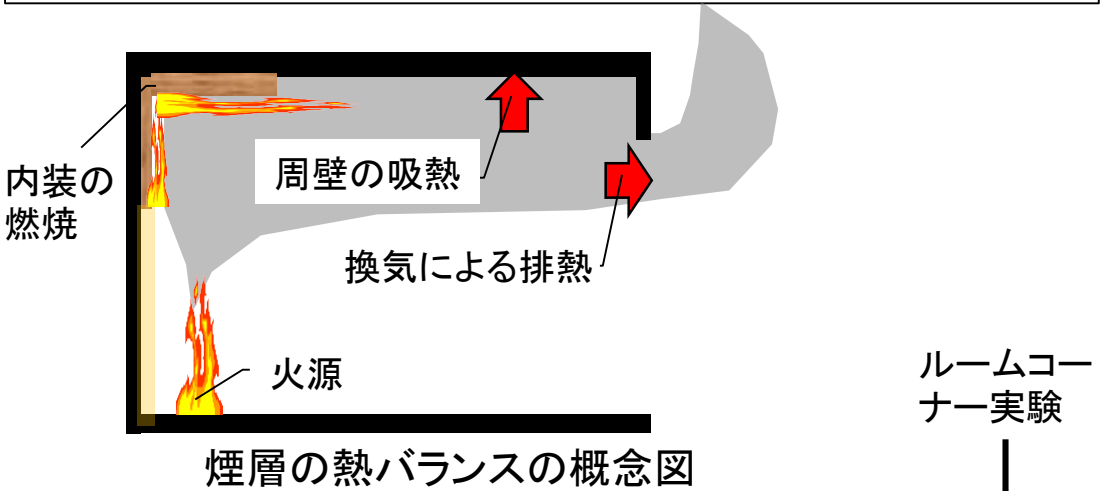
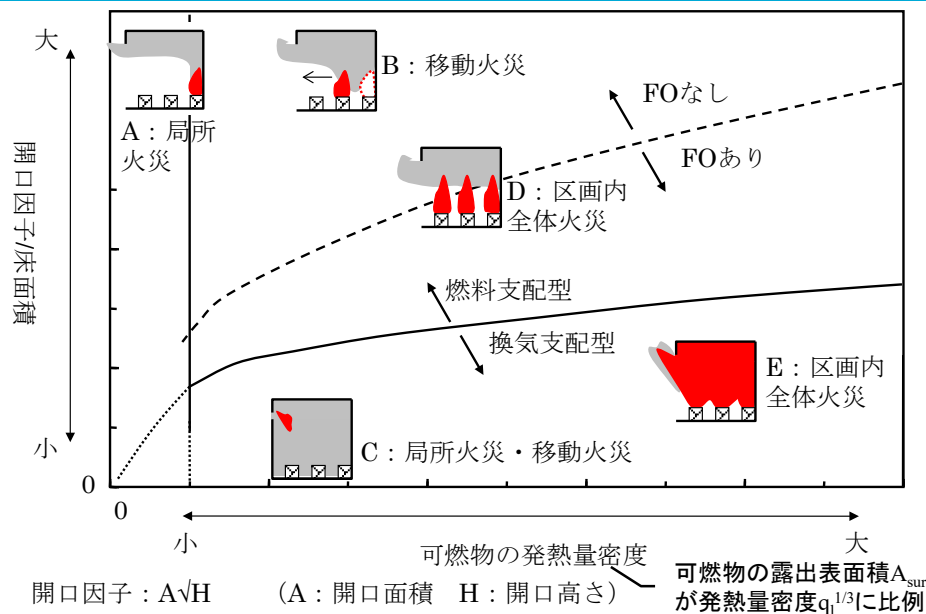
発生日時：令和4年5月12日



いずれも人命被害は無かったが火勢は熾烈

https://www.tokai-tv.com/tokainews/article_20220512_18418 28

- フラッシュオーバー(FO)は煙層が高温(5~600°C)となると発生。
- 煙層の温度は、「可燃物の燃焼発熱」「周壁の吸熱」「換気による排熱」、のバランスで決まり、室内のFOのしやすさや火勢の激しさは床面積当たりの開口因子や床面積当たりの可燃物の表面積で巨視的に整理できる。
※ 本検討では、右上図の収納可燃物を木内装に置き換えてとらえる。
- ルームコーナー実験の結果と煙層の熱収支の概念に基づき、**難燃材料または準不燃材料等と同等の性能と認められる木内装の表面積と開口因子の関係を整理した。**(右下図)

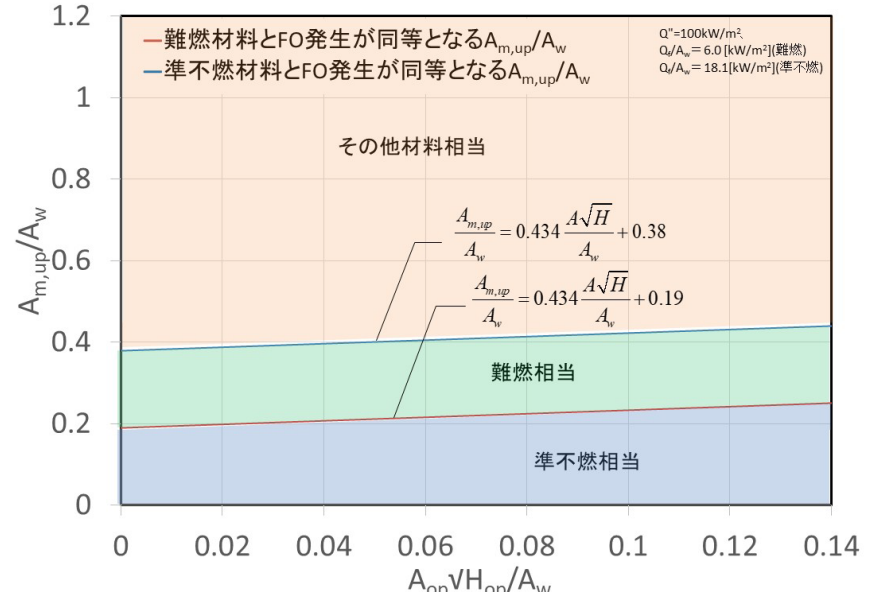


$$Q_f + Q'' A_{m,up} = \sqrt{\frac{k\rho c}{\pi t}} A_w (T_s - T_0) + c_p x A_{op} \sqrt{H_{op}} (T_s - T_0)$$

$$\frac{A_{m,up}}{A_w} = \frac{b}{Q''} \frac{A_{op} \sqrt{H_{op}}}{A_w} + \frac{a}{Q''} t_{FO}^{-1/2} - \frac{Q_f}{Q'' A_w}$$

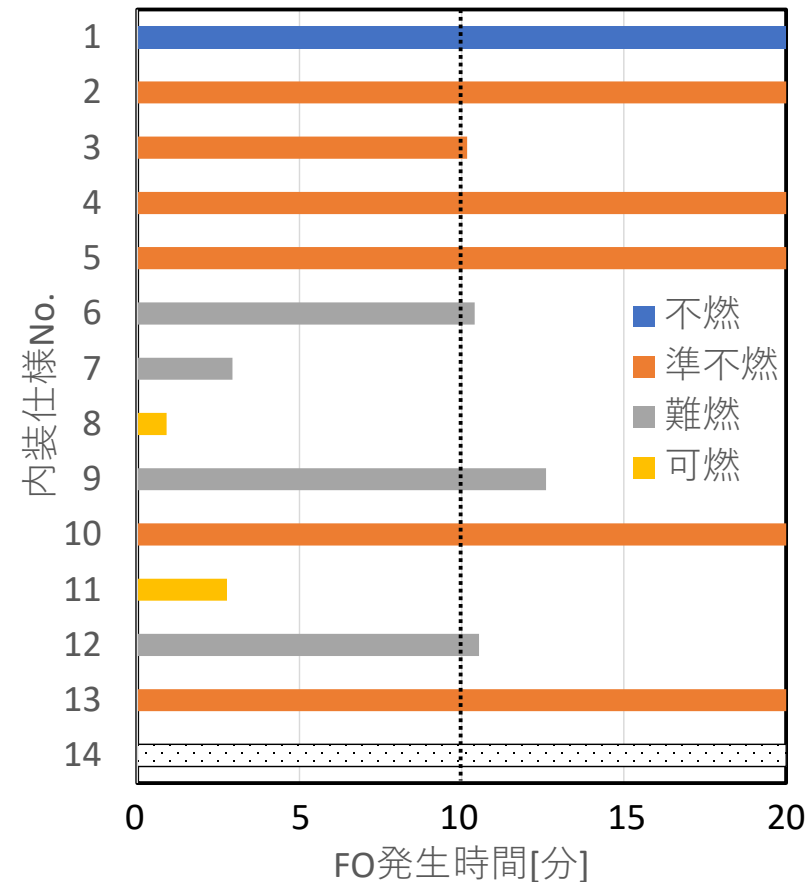
Q_f: 火源の発熱速度[kW], Q'': 木内装の単位面積当たりの発熱速度[kW/m²], A_{m,up}: 木内装の煙層に接する部分の表面積[m²], kρc: 周壁の熱慣性[(kW/(m² K)²s], t_{FO}: FO発生時間[s], A_w: 周壁面積[m²], a, b: 実験係数, T_s: 煙層温度[K], T₀: 雰囲気温度[K], c_p: 空気比熱[kJ/(kg K)], x: 開口からの排煙量に関する実効係数[-], A_{op}√H_{op}: 開口因子[m^{5/2}]

収納可燃物における可燃物量と開口因子に応じたFO発生のしやすさ



木内装における表面積と開口因子に応じたFO発生のしやすさ 29

No.	内装材の条件	防火等級	出典
1	全面:突板化粧スラグ石膏板5.7mm厚	不燃	4)
2	全面:石膏ボード9.5mm厚	準不燃	4)
3	全面:石膏ボード9.5mm厚+塩ビ塗装300g/m ²	準不燃	4)
4	全面:フェノール樹脂発泡体10mm厚	準不燃	4)
5	全面:ロックウール化粧板15mm厚(外国製)	準不燃相当	4)
6	全面:石膏ボード9.5mm厚+塩ビ塗装500g/m ²	難燃	4)
7	全面:化粧難燃合板5.5mm厚	難燃	4)
8	全面:軟質繊維板9mm厚	可燃	4)
9	全面:薬剤処理木材(難燃材料)18mm厚	難燃	5)
10	全面:薬剤処理木材(準不燃材料)18mm厚	準不燃	5)
11	全面:木材12mm厚	可燃	本基整促
12	壁:木材12mm厚 天井:石膏ボード12.5mm厚	難燃相当	本基整促
13	壁・天井(見付面積1/10):木材12mm厚 その他:鉄板1.6mm厚	準不燃相当	本基整促
14	壁一面:木材12mm厚 その他:鉄板1.6mm厚	未定	本基整促



難燃材料 → 出火から10分までFOしない

準不燃材料 → 出火から20分までFOしない

※1 石膏ボード+塩ビ壁紙300g/m²(No.3)は準不燃であるが、基整促F10による準不燃材料の例示仕様案では性能に余裕が少ないので300g/m²相当は対象としない提案がされている。
 ※2 通則認定品の難燃合板(No.7)は現行の発熱性試験や模型箱試験でも難燃材料の性能が達成されにくいことは他の実験でも確認されている。

4)高橋済ほか:ルームコーナー試験による材料の評価と内装防火設計法への応用、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.265-268、1997

5)日本木材防腐工業組合:平成21年度地域材利用加速化緊急対策支援事業 建築物の耐火性能試験報告書

防火材料の基準

加熱開始から燃焼開始までの時間

- ・**難燃** 5分以上10分未満
- ・**準不燃** 10分以上20分未満
- ・**不燃** 20分以上

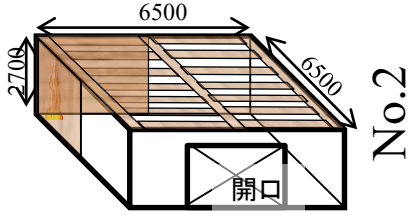


ルームコーナー以外の天井部分木内装空間の火災拡大性状実験



○煙層が高温となると木内装が一斉に燃焼する。
 ○天井の着火後、天井の木材を介した火炎伝播による局所的な燃え広がりは確認されなかった。

↑火源近傍の天井の木内装は燃え抜けているが、火源から離れた位置の木内装の表面は未炭化(変色や煤の付着のみ)[No.4]



FO

