

# 木質内装仕上の防火対策に関する近年の取り組み

防火研究グループ 主任研究員 野秋 政希

## 目次

- I はじめに
  - 1) 建築物における木材利用促進の背景
  - 2) 木材利用と火災安全
  - 3) 木造化と木質化
- 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
  - 1) 内装制限の制定の経緯と防火材料
  - 2) 現行基準で木質内装仕上げが利用できる条件
- 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
  - 1) 検討の背景
  - 2) 検討の概要
  - 3) 防火材料による仕上げと同等の火災拡大抑制を期待できる部分的な木質内装げと不燃化
- IV おわりに
  - 参考文献

## I はじめに

### 1) 建築物における木材利用促進の背景

近年、地球温暖化やそれに伴う気候変動に対する具体的な対策を講ずることが世界的な課題として認知されている。地球温暖化防止には温室効果ガスの排出を抑えることが効果的とされており、我が国では 2030 年には温室効果ガスの排出量を 2013 年度比で 46%削減、2050 年には温室効果ガスの実質的な排出量をゼロ（カーボンニュートラル）とする目標が掲げられている。この目標の実現に向け、主要な温室効果ガスである二酸化炭素：CO<sub>2</sub>の排出抑制のための様々な取り組みがなされているが、その一つに木材の利用促進がある。樹木の光合成により CO<sub>2</sub>と水は木材（セルロース）と酸素に姿を変えるため、木材利用を促進することは CO<sub>2</sub>の素となる炭素を空気中では無く、固体として貯蔵することとなり、実質的な温室効果ガスの排出抑制に繋がる。また、木材は、鉄やコンクリート等の資材に比べて製造や加工に要するエネルギー、ひいては二酸化炭素の排出が少ないとされている<sup>1)</sup>。

さらに、国産材を「伐る、使う、植える、育てる」というサイク

ルで利用すれば、森林を適正に整備・保全することにより森林の有する多面的機能を持続的に発揮させながら、木材を再生産することが可能となるうえ、木材加工・流通を経て住宅等の様々な分野で利用されれば、木材産業を含めた国内産業の振興と森林資源が豊富に存在する山村地域の活性化にもつながる利点もある<sup>1)</sup>。

我が国における木材需要の過半数が建築用材（全需要量に占める製材・合板・その他用材の合計の割合）<sup>2)</sup>であること等から、2010 年には「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が制定され、公共建築物における木材利用が推進された。その後、2021 年 10 月には同法が「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に変更され、法の対象が公共建築物から建築物一般に拡大されたことにより、建築物における更なる木材利用の促進の取り組みが進められている。

### 2) 木材利用と火災安全

建築への利用推進の一方、木材は代表的な可燃性材料であるため火災安全性に十分配慮する必要がある。ここでは、木材を多用し

た建築物における火災危険性が顕著に表れた事例を二つ紹介する。

一つは 2012 年に実施された木造三階建て学校の実大火災実験（予備実験）である。当該実験の供試建築物は延べ面積 2260 m<sup>2</sup> の三階建ての学校を模擬した建築物であり、主要構造部は 1 時間準耐火構造（防火壁のみ 1 時間耐火構造）であり、内装材にはふんだんに木材が使われていた。出火場所は 1 階の職員室とし、模擬的な火源から出火させた。当該実験では、点火後 2 分程度で火元から立ち上った火炎が天井に達すると、天井の木質仕上げの表面で急速に燃え広がり、点火後 2 分 40 秒には出火室内全体が炎に包まれた（フラッシュオーバー発生）。その数分後には窓から噴き出す火炎により 3 階まで延焼し、廊下を伝って他の室へ水平方向にも延焼した。室内の木質仕上げが火災拡大を助長した典型例である。

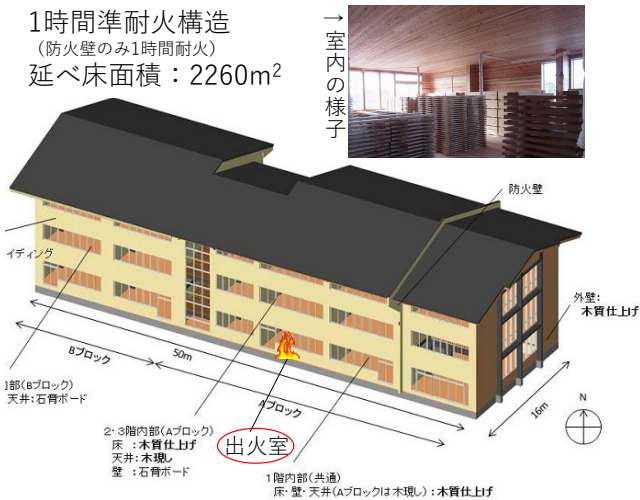


図1 木造三階建て学校実大火災実験（予備実験）

もう一つは、国土技術政策総合研究所の「新しい木質材料を活用した混構造建築物の設計・施工技術の開発」プロジェクト（通称：混構造総プロ）において実施された、区画内の柱、梁や壁の木質化の有無による火災性状の変化を確認した区画火災実験である。当該実験では中央に柱梁を配置したホテルのシングルルーム程度の区画内で什器を想定した可燃物を点火させ、区画内温度や発熱速度等を計測した。このとき、柱や梁、壁の一部を木材とした条件と

不燃性の材料とした条件の比較実験を行った。なお、区画は耐火性能の高い材料で構成されており、実験中燃え抜けや崩壊が起こらない条件となっている。当該実験の温度データから実質的な火災継続時間（等価火災時間）を算定すると、図2のとおり、柱梁を木質化したすることで等価火災時間が約 1.3 倍、さらに壁を木質化すると 1.7 倍以上に増加した。

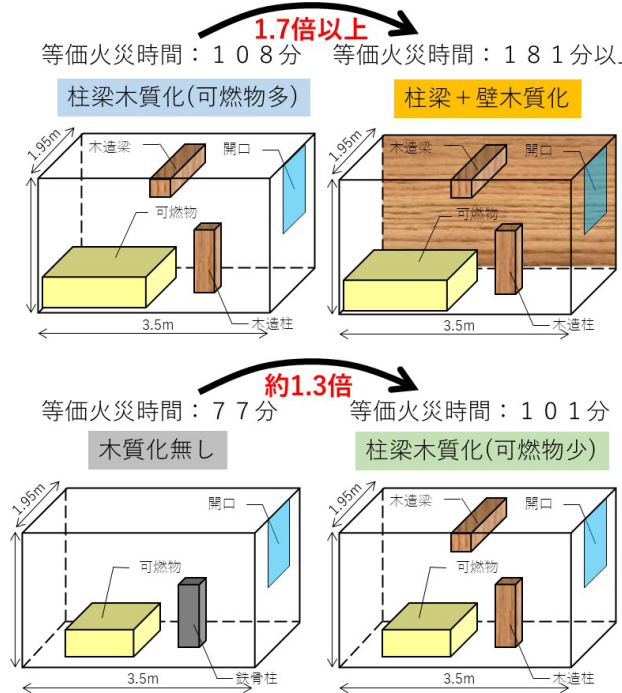


図2 柱梁または壁の木造化と火災継続時間の比較

以上より、建築材料に木材を利用することによる主な火災危険性は下記の A、B、C にまとめられる（図3）。

- A 室内の木質仕上げの急速な燃え広がりが火災の早い段階における火熱および煙の大量の発生を招き、在館者の避難と消防活動の障害となる。
- B フラッシュオーバー発生後は開口部から噴出する火炎が大きく出火室から隣接室あるいは上階等への延焼危険性を高める。
- C 可燃物量の増加に伴い、火災が長期化し、建築部材の火害を助長する。

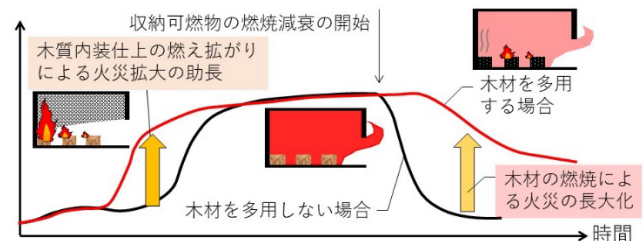


図3 火災の進展と木材利用に伴う主な火災危険性

上記の二つの事例はあくまで実験であるが、広島県福山市立加茂中学校の大規模木造体育館火災(平成 12 年 10 月)、沖縄県那覇市の首里城跡火災(令和元年 10 月)、三重県いなべ市の笠間保育園火災(令和 4 年 5 月)といった、大規模な木造建築物の火災は近年も発生している。いずれも幸いながら大きな人的被害は発生していないが、火勢は熾烈であり、類似の火災を頻発させないためにも火災安全対策に十分に配慮する必要がある。

### 3) 木造化と木質化

建築における木材利用には「木造化」と「木質化」がある。

「木造化」は建築物の部分(柱、梁、壁、床、天井、階段、建具など)に木材を用いることであり、木材の体積や重量、ひいては可燃物の総量が大きくなりがちであることから、火災安全上の懸念は、主に「C」となる。

一方、「木質化」は天井、床、壁等の内装や外壁の外装等に木材を用いることであり、防火上の主な懸念は「A」や「B」である。

なお、近年、開発・普及が進んでいる直交集成板(CLT: Cross Laminated Timber)や単板積層材(LVL: Laminated Veneer Lumber)等の厚板の木製床や壁は、現しで利用されれば、木造化と木質化双方の性質を兼ねることになる。

「C」に対しては、火熱に伴う主要構造部の崩壊あるいは燃え抜けに伴う延焼防止を図ることが主な対策となる。近年では、性能規定化により導入された大臣認定制度を活用し、様々な材料構成の防耐火構造の部材が開発されている。

また、ここ数年で木造化を推進するための建築基準法の改正がなされ、これまで主要構造部を耐火構造とすることが要求されていた建築物であっても、所定の要件を満足することで準耐火構造とすること可能となり、もえしろ設計も適用できることとなった。

平成 30 年改正では、中層建築物への適用を想定し、1 時間を超える火熱に耐えられる高度な準耐火性能が導入された。要求性能は建築物の規模・用途、地域等に応じて異なる。現在、各種研究課題において主要構造部の適合仕様等の整備に取り組んでいる。

- ・平成 26 年改正: 木造三階建て学校(法 21 条 2 項、法 27 条)
- ・平成 30 年改正: 高さ 16m 超の木造(法 21 条 1 項)、特殊建築物(法 27 条)、防火地域・準防火地域の建築物(法 61 条)

## 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

本講演では主に上記 A の対策として、現行の建築基準に規定されている防火上支障の無い木質内装仕上げの条件、または、内装を木質化しても防火上支障の無い建築物の部分あるいは設備等の

条件を、内装材の基本的な燃え拡がり機構を交えつつ概説する。

### 1) 内装制限の制定の経緯と防火材料

昭和 30 年代前半から昭和 40 年代後半にかけて頻発した人命被害の大きな火災の調査結果から、建築火災における主な死因が煙に含まれる一酸化炭素等の有害ガスあるいは窒息であることが明らかとなり、建築基準法では排煙設備や堅穴区画等の避難関係規定が次々と整備された。この一環として、上述した可燃性の内装材の急速な燃え拡がりに伴う煙や火熱の大量発生を防ぐこと等を目的とした内装仕上げの難燃化・不燃化要求、いわゆる内装制限も規定された。

内装制限で仕上げに要求される防火性能は高いものから順に、不燃材料、準不燃材料、難燃材料、その他の 4 種類があり、その他以外を防火材料と総称する(図 4)。内装制限の具体的な基準の内容については様々な文献で解説されているため、詳解はそれらに譲るが、概して火災発生時における在館者の避難安全リスクの高い建築物や建築物の部分ほど高い性能が求められている。

木材は上記 4 種類の材料のうち「その他」に位置付けられるため、内装制限により利用が制限されている。しかし、これまでの技術検討の結果等を踏まえて規定されたいくつかの緩和基準がある。近年の改正も含めると、木質内装仕上げを利用できる条件は表 1 に示すとおりである。なお、ここでは令第 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ており、他の基準(例えば、令第 112 条第 8 項、第 9 項: 高層区画や H12 建告第 1436 号四号: 設置免除規定 など)は取扱わない。

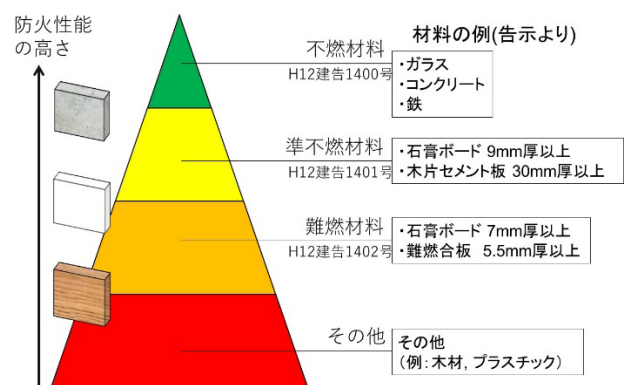


図 4 建築基準法における防火材料の分類

### 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)

1 つ目は、床面と腰壁(床上 1.2m 以下)の範囲である(図 5)。火災初期における木質内装仕上げの燃え拡がり過程は図 6 に示すように、木質内装仕上げの火元の部分が着火した後、上方に

火炎伝播し、火炎が天井に達すると天井面下で水平方向に炎が広がる。天井における燃え拡がりは天井の接炎箇所から概ね同心円状に燃え拡がるため、直ちに広範囲に火災伝播する。一方、床面および壁の側方への燃え拡がりは壁の上方または天井面下の燃え拡がりに比べると圧倒的に遅い。火災時には室の上部に高温の煙が溜まるため（これを煙層と呼ぶ）、煙層に触れている内装仕上げも燃焼すると考え、現行基準では天井と床上1.2m以上の壁を防火材料で仕上げることでとされている。ただし、火気使用室や廊下・階段、無窓居室等においては腰壁も規制対象となっている。

**(b) 防火材料の大臣認定を取得した木質内装仕上げ**

2つ目は、木材を難燃処理や不燃性材料とともに成形し、難燃性・不燃性を付与することである。木片や木材の繊維とセメントを混合し、圧縮成形した木質系セメント板はその代表例であり、従来から防火材料として広く利用されている。

一方、性能規定化以降、指定性能評価機関にて所定の性能を満足することが認められれば、防火材料として利用することが可能となった。性能評価試験における各防火材料の要求性能は、通常の火災の火熱に対して、難燃材料であれば5分間、準不燃材料であれば10分間、不燃材料であれば20分間、大きな発熱や有害な煙を生じず、非加熱面において防火上有害な熔融・亀裂・損傷を生じないことである。

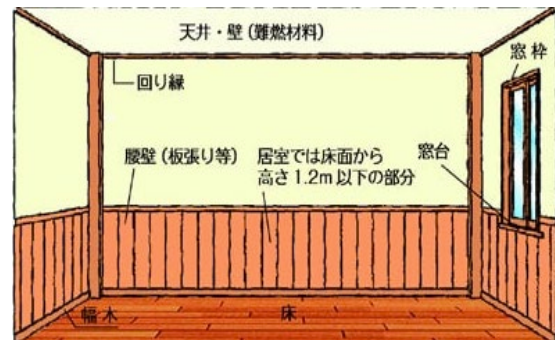


図5 居室の内装制限の要求範囲（一部の用途等を除く）(a)

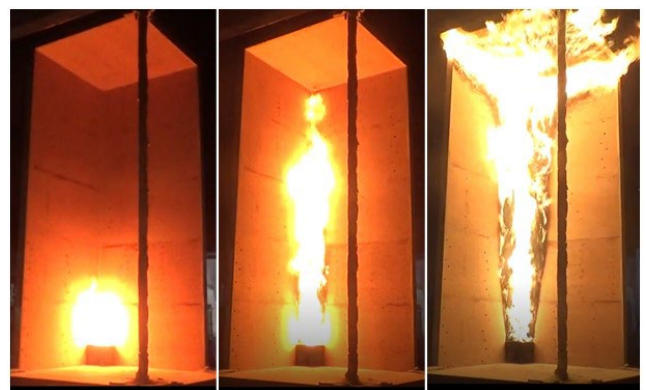


図6 室隅角部における木質内装仕上げの燃え拡がりの様子

表1 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

番号	条件※1	対象部位※2		対象条文等
		壁	天井	
1	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
2	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
3	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)
4	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
5	天井を準不燃材料とし、スプリンクラー設備等を設置した建築物の部分	○		R2国交告第251号三号
6	防火設備（要遮煙性能）および間仕切壁によって100m <sup>2</sup> 以内に区画された天井高さ3m以上の居室（一部の用途を除く）	○	○	R2国交告第251号一号
7	スプリンクラー設備等を設置した延べ面積500m <sup>2</sup> 以下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
8	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
9	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
10	避難安全検証法により安全性を検証した建築物の部分	○	○	令第129条、令第129条の2

※1 ここでは建築基準法施行令第128条の4および同第128条の5に関連する基準のみ記述。内装制限が適用されない建築物（学校や小規模な事務所など）や建築物の部分（法別表第一(イ)欄に掲げる用途で100m<sup>2</sup>以下に防火区画された室など）では上記にかかわらず木内装を利用可。

※2 いずれの建築物の部分においても床にあっては木材を含む可燃性材料を用いてもよい。

※3 床上1.2m以下の範囲

これまで様々な防火材料の大臣認定が取得されており、木質系材料の代表例としては、木材に難燃薬剤を含浸させた薬剤処理木材などがある。薬剤処理木材は木材の質感をそのままに防火材料として利用できるが、実用上はコストや白華、ホルムアルデヒドの放散などに対する配慮する必要がある。近年では、不燃性の材料の表面に薄い木材の突板を貼ったものや木材の表面に特殊な塗材を塗布したものなどが開発されている。

### (c) 壁、天井の見付面積の1/10以下

3つ目は、壁、天井の各面の見付面積の1/10以下の範囲である(図7)。これは日本建築行政会議が発刊する「建築物の防火避難規定の解説」に記載されている「内装制限における柱・はり等の取扱い」という運用基準である。内装制限が適用される壁又は天井の部分に柱・はり等の木部が露出する場合、柱・はり等の室内に面する部分の表面積が各面(各壁面および天井面)の面積の10分の1を超える場合は、当該柱又ははり等の部分も壁又は天井の一部とみなして内装制限の対象として取り扱うものである。これを、柱・はり等の室内に面する部分の表面積が各面(各壁面および天井面)の面積の10分の1以下は内装制限の対象外であると読みかえれば、部分的な木質化が可能となる。ただし、後述の火気使用室の内装制限の緩和基準(本節(i): H28 国交告第225号)には適用できない点に注意を要すほか、特定行政庁によって取り扱いが異なる可能性がある。

### (d) 天井を準不燃材料とした室(壁のみ)

4つ目は、天井を準不燃材料とした居室の壁である(図8)。これは専ら内装制限の要求レベルが難燃材料である場合に限るものであり、みなし難燃と呼ばれることもある。先の例で示したように火災初期においては壁の上方または天井面の燃え広がりが顕著であり、このうち燃え広がる範囲の広い天井面を(準)不燃化することで火災拡大を抑えることを趣旨としたものであって、長谷見らによってその有効性が実証されている<sup>9)</sup>。ただし、室上部の壁は高温の煙層に曝されるとやがて燃焼するので、長時間の火災拡大抑制は期待できないことから難燃材料と同等の火災拡大抑制と位置付けられている。

なお、当該基準の適用に当たって、木質内装仕上げには火災伝播を助長しない溝を設けないことや木質仕上げの厚さが25mm未満の場合には下地の構造に制限があるなど、利用条件が限定されている点に注意を要する。詳細はH12 建告第1439号およびその解説を参照されたい。

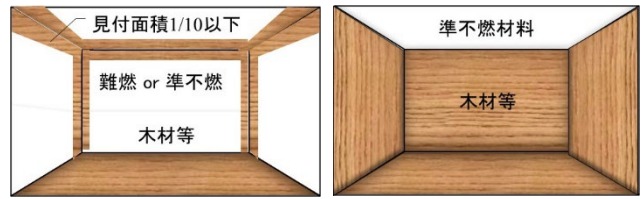


図7 壁および天井の見付面積の1/10以下の部分(c) 図8 天井を準不燃材料とした室(d)

### (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

5つ目は、スプリンクラー設備を設け、天井を準不燃材料とした居室の壁であり(図9)、令和2年の建築基準法の改正にて新たに追加された告示(R2 国交告251号3号)である。前記(d)と同様に天井面の(準)不燃化による火災拡大抑制効果に加え、スプリンクラー設備による火源の消火または可燃性内装材の燃焼を抑える性能を付加した仕様である。なお、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。

### (f) 100m<sup>2</sup>以内に区画された天井高さ3m以上の居室

6つ目は、床面積が100m<sup>2</sup>以下かつ天井(天井の無い場合には屋根)の高さが3m以上の居室で有り、当該居室以外の部分と間仕切壁又は遮煙性能を有する十分防火設備で区画された居室の壁および天井である(図10)。同基準も令和2年の建築基準法の改正にて新たに追加された告示(R2 国交告第251号1号)である。床面積を100m<sup>2</sup>以下として在室者数や歩行距離を抑えるとともに3m以上の天井高さを確保することで、火災により発生した煙が避難上支障のある高さまで降下する前に、出火室の在館者を避難完了させることを意図した基準である。また、出火室以外の在館者の避難安全確保のため、避難経路が早期に煙に汚染されないよう出火室と出火室以外の部分とを間仕切壁又は遮煙性能を有する20分間防火設備で区画することとしている。ただし、在館者の多さや自力避難の難しさ等に配慮し、以下の用途に供する部分については当該告示を適用できない。

- ・劇場等(法別表第一(イ)欄(一)項に掲げる用途)
- ・病院、診療所(患者の収容施設が有るものに限る。)
- ・児童福祉施設等(令第115条の3第一号に規定する児童福祉施設等をいい、通所のみにより利用されるものを除く。)
- ・令第128条の4第1項第二号または第三号に掲げる特殊建築物の部分および同条第四項に規定する内装の制限を受ける調理室等

なお、スプリンクラー設備その他これに類するものを設けた場合にあっては、新たに導入された10分間防火設備で遮煙性能を有するものとすることもできる。

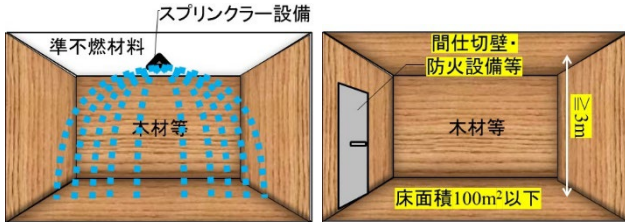


図9 天井を準不燃材料とし、スプリンクラー設備を設けた室(e) 備等で区画された居室 (f)

**(g) スプリンクラー設備等を設置した延べ面積500m<sup>2</sup>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の壁・天井**

7つ目は、自動火災報知設備（特定小規模施設用自動火災報知設備も含む）およびスプリンクラー設備等が設けられた延べ面積が500m<sup>2</sup>以下の建築物の避難階又は避難階の直上階にある部分で、屋外への出口等を有する室の壁および天井である（図11）。同基準も令和2年の建築基準法の改正に基づき新設された告示（R2国交告251号2号）である。これは、壁天井全面が木質化された室では、火災拡大の顕著な狭小な室であっても出火からフラッシュオーバー発生まで2～3分を要することから、出火から2分以内に在館者が屋外に避難できる条件として、避難開始を促進する自動火災報知設備等と火災拡大を抑制するスプリンクラー設備を設けると共に、建築物の各部分から短時間で屋外へ避難できる出口等を確保することを規定したものである。ここで、屋外への出口等は、屋外への出口、バルコニー又は屋外への出口に近接した出口をいい、当該部分の各部分から当該屋外への出口等まで及び当該屋外への出口等から道までの避難上支障が無いものに限定している。さらに、当該部分に存する者が容易に道に避難することができる出口を設けたものに限っている。このうち、当該部分の各部分から当該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）としていることが当該告示を適用

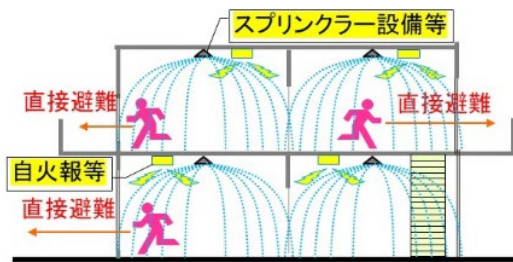


図11 消火設備等を有する避難が容易な小規模建築物 (g)

する上でのボトルネックとなりうる。そのため、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である。ただし、在館者の多さや自力避難の難しさ等に配慮し、当該告示が適用できない建築物の用途は(h)と同様である。

**(h) スプリンクラー設備および排煙設備を設けた室**

8つ目は、スプリンクラー設備および排煙設備を設けた室の壁および天井であり（図12）、当該基準は従前から存在している。逐条解説 建築基準法（日本建築行政会議編）によれば、当該基準の根拠を「内装制限は、火災拡大を遅延させるため、使用する材料の燃焼性及び発煙性の抑制を行うことを目的としているので、これらの消火設備と排煙設備を併置した場合は、内装制限を行う場合と同等の効果が期待されるからである。」としている。

**(i) 火気近傍を特定の不燃材料とした火気使用室（壁のみ）**

9つ目は、火気の近傍を特定の不燃材料とした火気使用室の壁である（図13）。これは火気使用室の内装制限（令第128条の5第6項）の代替措置であり、平成21年度の建築基準改正により導入されたものである（H21国交告第225号）。なお、当初は当該告示の適用対象が専用住宅に限定されていたが、令和2年の改正によりホテル、旅館、飲食店等の厨房その他これらに類する室以外の室にも適用対象が拡張された。

令第128条の5第6項では火気使用室の壁および天井を準不燃材料で仕上げなければならないところ、当該告示では火気からの加熱の影響が及ぶ範囲（火気の種類により影響範囲が異なる）の仕上げ及び下地を信頼性の高い不燃材料＝特定不燃材料とする代わりにその他の部分の防火性能を緩和し、難燃材料または木材仕上とすることを可能とするものである（ただし、木材はH12建告1439号第二に規定するものに限る）。ここで、特定不燃材料とは、H12建告第1400号に例示される不燃材料のうち、火災中に脱落・溶融のおそれのあるガラスおよびアルミニウムを除いたものである。なお、こんろの場合は天ぶら油火災を想定した短期的に強い加熱を受ける範囲（こんろ中心点から半径80cm、高さ235cmの円筒に含まれる範囲、高さ235cmが天井に達する場合は展炎を考慮）の仕上げを一定の熱遮蔽効果を有する不燃材料（厚さ12.5mmのせっこうボードなど）とする。なお、当該告示により火気使用室としての内装制限（令第128条の5第6項）を対応したとしても、用途や規模等による内装制限（令第128条の5第1項～第5項など）が適用される場合は、内装仕上を当該基準で要求される防火材料とする必要がある。

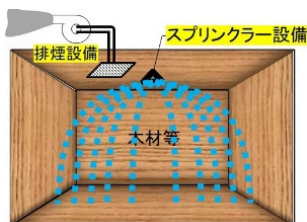


図12 消火設備+排煙設備を設けた室 (h)

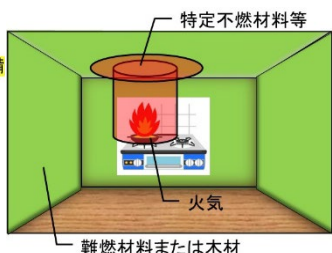


図13 火気近傍を特定の不燃措置した火気使用室 (i)

### (j) 避難安全検証を適用した建築空間

最後は、「避難安全検証」により、建築物内の在館者が火災で発生する煙などに曝されることなく安全に避難できることを計算により確認した室の壁および天井である。火災により発生した煙は室の上部に徐々に蓄積され、煙層が徐々に降下していくが、この煙層が避難上支障のある高さ（人の頭の高さや避難出口の上端など）まで降下する前に、在館者が避難完了することを検証するものである（一部、火元からの放射熱に対する安全性なども含まれており、煙層の温度に配慮する場合もある）。

避難安全検証の検証ルートには大きく告示検証法（ルートB）と高度な検証（ルートC）がある（図14）。ルートBでは煙の発生量や煙層の降下時間、在館者の避難の時間の算定方法が告示（R2 国交告第474～476号およびR2 国交告第509～511号）で定められており、建築の設計段階で結果の見通しが建てられると共に、審査者が検証の適否を比較的画一的に行えるという利点があるのに対し、特殊な設計条件に対し融通が利かないという特徴がある。内装仕上げは燃焼により煙を発生する要因の一つであるため、防火材料のグレードに応じて煙の発生しやすさ（火災成長率）が定められており、防火性能が劣る木材は多量の煙を発生するものとみなされている。

一方、ルートCは煙の発生量や煙層の降下時間、在館者の避難の時間の算定方法を告示に依らない方法とすることができるため、設計条件に応じた実験の結果や最新の技術的知見を検証に反映することができる反面、技術的な検討に専門的な知識が必要であると共に、その検討と審査に時間を要するという特徴がある。内装仕上げの取り扱いに関して言及すると、複雑な形状・仕様の木質内装仕上げであっても実験等により燃え拡がりの性状が明らかとなれば、その結果を避難安全検証に反映することもできる<sup>例え</sup><sub>ば</sub>。大規模な商業施設や複合施設等で多数の適用実績があり、これらにおいては検証を防災コンサルタントに業務委託するという<sup>例え</sup><sub>ば</sub>ことも少なくない。なお、近年、内装仕上げの燃え拡がりを物理

的に予測する手法が整備されつつあり<sup>7-9)</sup>、避難安全検証での適用が期待されている。

避難安全検証は平成10年の建築基準改正により導入された概念であるが、令和2年度の建築基準改正において、ルートBの新たな検証方法が導入された。区別のため従前のものをルートB1、新たなものをB2と呼び分けており、ルートB1では、煙層が避難上支障のある高さまで降下する時間と在館者が避難完了する時間を計算し、前者が後者よりも長いことを検証するのに対し、ルートB2では、在館者が避難完了する時点の煙層の下端の高さ等が避難上支障の無い状態であることを検証する。

ルートB1とルートB2で避難安全の検証対象が大きく異なるわけではないが、検証の過程における各種計算方法、計算条件に幾分の違いがある。内装に対する取り扱いを例にあげると、ルートB1では内装仕上げの部位に依らず一部に木材を用いると、煙の発生しやすさ（火災成長率）を一律で大幅に増加させる必要があったのに対し、ルートB2では燃え拡がりの実態を踏まえて壁と天井で取り扱いを分け、壁を木質化した場合には火源（収納可燃物）の煙の発生しやすさを割り増し、天井を木質化した場合には接炎した直後にフラッシュオーバーが生じるものとした。これにより、ルートB2では壁の木質化が比較的容易となったうえ、炎が天井に達する以前に避難可能な条件（主に収納可燃物と在館者が比較的少なく、天井が高い空間）における天井も木質化しやすくなった。また、ルートB2ではスプリンクラー設備による火災抑制効果を考慮し、煙の発生しやすさなどを軽減することも可能となっている。なお、前記(f)の基準はルートB2の概念を準用して導出されたものである。

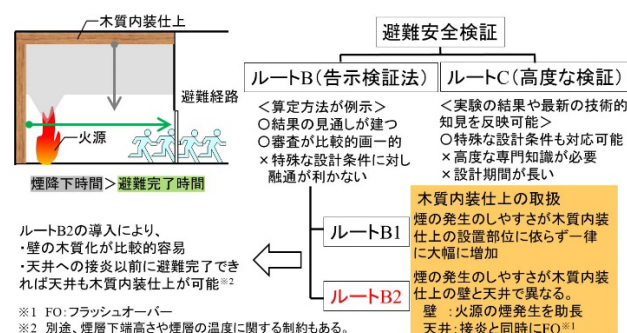


図14 避難安全検証の概要および新たな検証ルートとその特徴

また、避難安全検証の対象範囲は全館あるいは階のみであったが、令和元年の建築基準法の改正により一定条件を満足した一つの防火区画においても適用が可能となった（区画避難安全検証）。

## (k) その他

以上に示した条件のほか、もともと内装制限が適用されない学校、小規模な建築物、住宅や病院等において100m<sup>2</sup>以内に防火区画された室においては室内の任意の部分の内装仕上げを木材とすることができる。

## 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

### 1) 検討の背景

近年では、人の手が触れにくく、汚れや傷が付きにくいなどの管理面や意匠性の観点から、木製の柱・梁、ルーバーのような天井近傍の木質内装仕上げの希望が少なくない。I節3)で示したとおり、木造の主要構造部の耐火性能に関する規制の合理化は順次整備されてきているが、内装制限の観点での基準整備が追いついていない現状にある。

II節2)に記した基準を活用し、内装仕上げを木質化することが可能ではあるが、天井の木質化を容認する基準は少ない。これは、先般から記述している通り、天井面における木質内装仕上げの燃え広がりが非常に速く、防火上の懸念が強いためである。

しかし、天井面の木質化であっても例えば10cm四方というごく小規模な範囲であれば、当該部分が燃焼しても室の火災拡大に大きな影響を及ぼすとは考えにくい。このように、内装仕上げの一部分のみを木質化し、その他の部分の不燃化することにより、火災拡大の助長を抑えることができれば、内装制限と同等の火災拡大抑制効果を期待できると考えられる。

建築設計者へのヒアリングより、コストや意匠性の観点から内装仕上げ全体を木材とするというよりは部分的な利用のニーズが多く、その使われ方は多様であるとの認識を踏まえると、部分的な木質化とその他の部分の不燃化による解決策は相性が良いと考えられる。なお、これはII節2) c) (木質内装仕上げの表面積が壁または天井の面積1/10以下)と類似しているが、同基準では梁の場合木材の現し部分の表面積を底面だけではなく側面も算入する必要があるため、一般的な配置条件・断面寸法の梁では木材の現し部分の表面積を天井面積の1/10以下とすることが困難なことが多い。

このような背景から建築基準整備促進事業F19では、図15のように、壁および天井を防火材料で仕上げた空間と同等の火災拡大抑制効果を期待できる部分的な木質内装仕上げとその他の部分の不燃化の仕様を検討した。

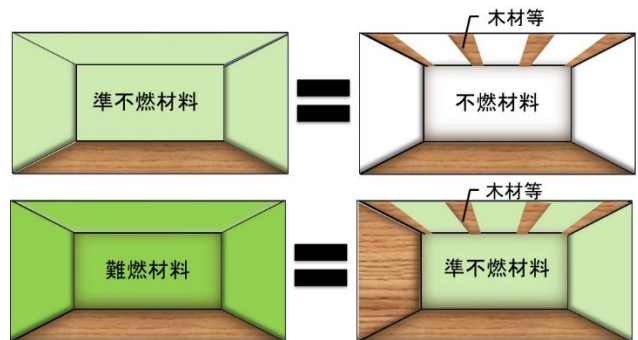


図15 防火材料仕上げと同等の火災拡大抑制効果を期待できる部分的な木質内装仕上げとその他の不燃化のイメージ

### 2) 検討の概要

本検討に当たっては、建設省の総合技術開発プロジェクト防・耐火性能評価技術の開発(H5~H10、以下、防・耐火総プロ)の際に検討された概念を参考とした。同総プロの成果は、H10年の建築基準法改正において導入された防火材料および防耐火構造の性能評価方法の制定に関する技術的な基盤となった。

現行の防火材料の性能評価試験は発熱性試験や模型箱試験など材料単体の防火性能を評価する試験となっているのに対し、防・耐火総プロでは部位によって異なる防火性能の材料で仕上げる場合についても室全体としての防火性能を明らかにできればその部位の組合せを防火材料としてみなしうるといった概念が提案された。本稿II 2) d)に示した天井を準不燃材料で仕上げ、壁を木材とした室を、室全体を難燃材料で仕上げたものと同等とみなすことに類する考え方であり、建築基準整備促進事業F19の成果は、この木質内装仕上げの範囲のバリエーションの拡充を意図したものである。

室全体の防火性能は室内の内装材の燃え広がり性状を確認するルームコーナー試験(ISO9705)にて確認した。試験の概要図を図16に示す。当該試験法では壁及び天井に内装材を設置した室の隅角部で火源を点火し、その後の燃焼性状を確認するものである。室の規模はホテルのシングルルーム程度(幅2.4m、奥行3.6m、高さ2.4m)であり、火源の大きさは最初の10分間を100kW(火炎の先端が時折天井に届く程度)、後半10分間を300kW(火炎が常時天井を這う程度)となっている。この試験区画のように狭小な室では内装仕上げの端から端まで火炎が達しやすく、対面する壁同士が近接しているため相互の熱放射により内装仕上げの燃焼が促進される傾向にあるため、狭小な室における燃え広がりおよびフラッシュオーバー発生は広い室に比べて不利な条件となっている<sup>10</sup>。そのため、ルームコーナー試験でフラ



ッシュオーバーしなかった内装仕上げの条件では、試験室以上の規模の室でもフラッシュオーバーしないと考えられる（防・耐火総プロの報告書にも同様の記述がある）。

本検討では、ルームコーナー試験室内の木質内装仕上げの範囲をパラメータとし、主に木質内装仕上げの燃え拡がりに伴うフラッシュオーバーの発生時間や発熱性状を確認する実験を実施した。このとき、火災初期における木質内装仕上げの燃え拡がりは火源直上の壁および天井面下が顕著であることから、木質内装仕上げの設置範囲は可能な限り火源近傍または天井およびその近傍に配置した。また、天井のみ木質化した条件においては最初の10分間の火源（100kW）では天井にほとんど接炎しないため、着火が非常に遅れ、燃え拡がりの速さを過小評価する恐れがあったため、いずれの条件も火源近傍の壁は木質内装で仕上げた。

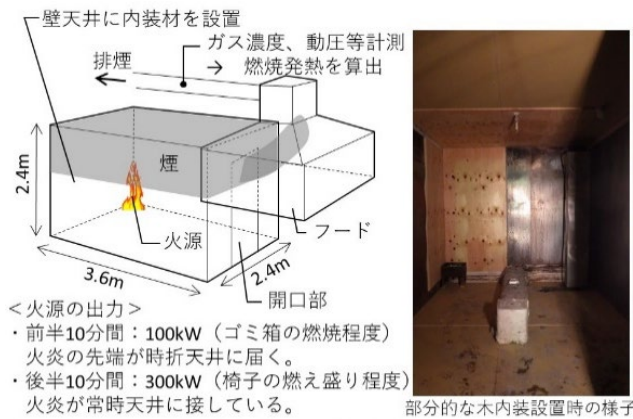


図 16 ルームコーナー試験（ISO9705）の概要

図 17 は代表的な実験条件における発熱速度の経時変化である。ここで、発熱速度とは可燃物の燃焼によって単位時間あたりに生じる発熱量であり、火災の激しさを表す指標の一つである。ルームコーナー試験では発熱速度の 1000kW 到達がフラッシュオーバー発生の目安となっており、本実験でも 1000kW 付近でフラッシュオーバーが発生していた。なお、同図には参考情報として、難燃材料又は準不燃材料のルームコーナー試験の結果を併記している。図より、室内の大半を木質化した条件（同図では壁天井全面木材）では実験開始後、早期に発熱速度が急上昇し、フラッシュオーバーに至るのに対し、その他の条件では一時的に発熱速度が上昇した後、燃焼が緩慢となった（図 17 参照）。これは木材の燃焼によって生じた炭化層が断熱材となり内側の未燃部分への加熱を弱めるためである。その後、煙層が高温となると木質内装仕上げが再び燃え拡がり始め、木質内装仕上げの設置範囲が非常に少ない条件を除き、フラッシュオーバーには至る。

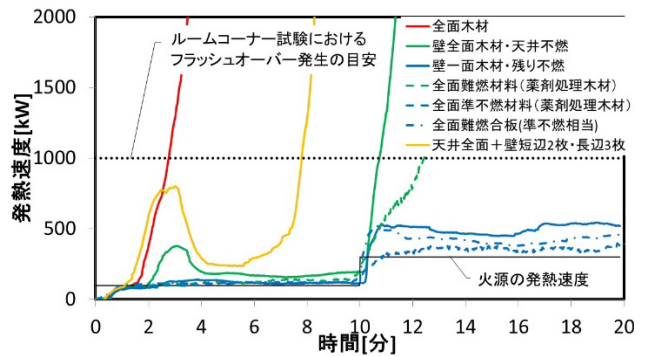


図 17 ルームコーナー試験における発熱速度の経時変化の例



図 18 一時的な燃焼の緩慢後にフラッシュオーバーが生じる条件

フラッシュオーバーが発生した時間と木質内装仕上げの表面積の関係を整理すると図 19 の通りとなる。ここで、火災初期において木質内装仕上げが顕著に燃え拡がるのは主に天井および天井近傍の壁であることに加え、煙層が高温の場合には煙層に曝される部分も顕著に燃焼することを考慮し、壁および天井の木質内装仕上げのうち煙層に曝される範囲の表面積とした。図より、室の上部に設置した木内装の面積が小さいほどフラッシュオーバーの発生が遅くなる傾向が確認できる。

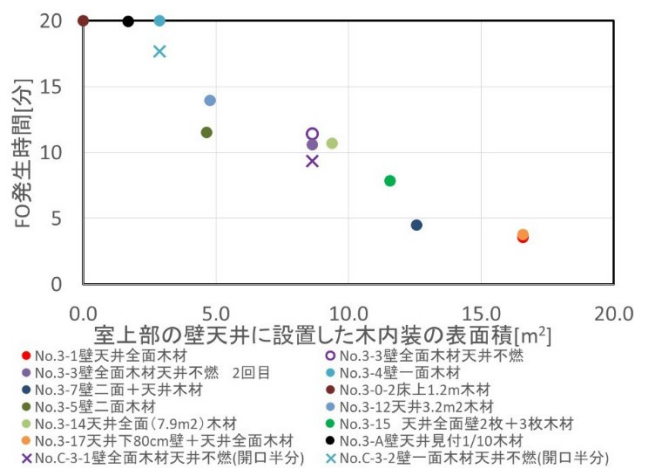


図 19 木質内装仕上げ表面積とフラッシュオーバー発生時間

### 3) 防火材料による仕上げと同等の火災拡大抑制を期待できる部分的な木質内装仕上げと不燃化

当該実験の結果等を基に室内を防火材料で仕上げた空間と同等の火災拡大抑制効果を期待できる部分的な木質内装仕上げの条件について検討した。検討に当たっては、火災荷重および設計火災性状指針（日本建築学会編）に示されている火災区画内の火災性状の分類を参考とした。この方法では、フラッシュオーバーの発生のしやすさや火勢の熾烈さを床面積当たりの発熱量と床面積当たりの窓の大きさとで分類している（図 20）。床面積当たりの発熱量と床面積当たりの室内の可燃物表面積の間には相関性が有ることを踏まえると、室の大きさに対する可燃物の表面積と窓の大きさとで火災の性状が分類できると考えてよい。その物理的意義は、室の大きさに対して可燃物が多く、窓が小さいほど、可燃物の燃焼発熱が大きく、窓からの排熱が少ないため室内が高温となりやすく、フラッシュオーバーが発生しやすいことを表している。

図 20 は建築物内に収納される可燃物（例：事務所や住宅等であれば什器類など）を想定したものであるが、本検討ではこれを木質内装仕上げに置き換えたものとして、先の実験の結果等を基に検討した。検討の詳細は専門性が高いことに加え、細部を現在検討中であることからここでは詳解を省くが直近の検討では、過去に実施された防火材料仕上げのルームコーナー試験の結果を安全側に捉え、難燃材料仕上げで 10 分間、準不燃材料仕上げで 20 分間のフラッシュオーバー抑制性能が有るものとする、木質内装を設置可能な面積は排煙窓が無くとも、難燃材料仕上げ相当で室の周壁面積（壁および天井の面積の合計）の 4 割程度、準不燃材料仕上げ相当で 2 割程度となる見込みである。なお、難燃材料仕上げ相当で 10 分間、準不燃材料仕上げ相当で 20 分間の火災拡大抑制を期待することとしたことから、木質内装仕上げ以外の部分においてはそれぞれ準不燃材料、不燃材料とする。

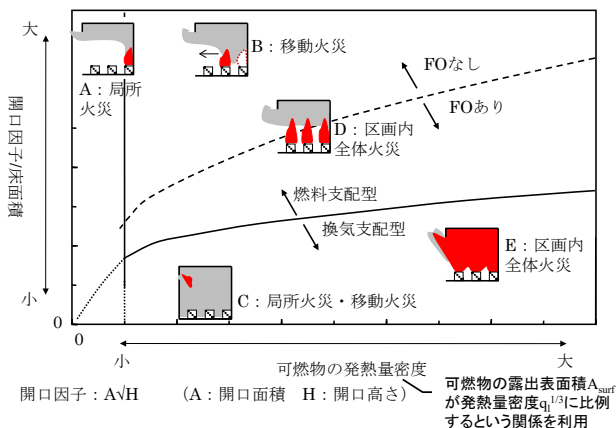


図 20 火災区画内の火災性状の分類

一方、室内の周壁面積に対する木質内装仕上げの上限面積の割合を制限したとしても、室が広い場合には木質内装仕上げの面積は一定程度大きくなるため、この木質内装仕上げが局所的に密集すると、当該部分で出火した場合に局所的に勢力の強い火災に発展しかねないことから、燃え広がり上の懸念が強い天井における木質内装仕上げの密集配置を制限することとする。具体的には、局所的に設けられた木質内装仕上げが燃焼した際に生じた火災が隣接する木質内装仕上げに届かない程度に密集配置を避けるものとする。可燃性の内装仕上げが燃焼した際の火災の長さは当該内装仕上げの発熱性と燃焼部分の寸法が大きく影響し、木材の発熱性を考慮すると、火災の長さは燃焼中の木材の長さの約 2 倍となる。これを平面的に均し、一定範囲における天井木質内装仕上げの表面積を当該範囲の面積の 1/4 以下とする。ここで一定範囲とは、火災が広がりうる範囲であり、当該火災から収納可燃物への放射熱が可燃物を着火に至らしめない大きさを上限とする（図 21）。

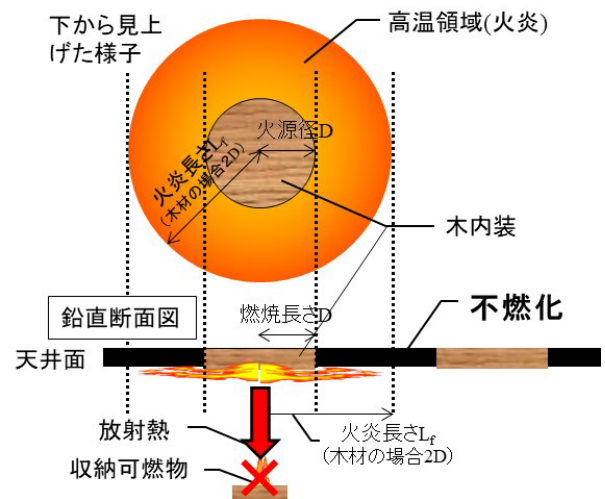


図 21 燃え広がりを助長させないための天井木質内装仕上げの密集配置の制限

以上より、防火材料仕上げの室と同等の火災拡大抑制を図るため、木質内装仕上げの表面積を室の内表面積に対して一定の割合以下に制限し、その他の部分を不燃化した上で、天井においては一定範囲における木質内装仕上げの表面積を当該範囲の面積の 1/4 以下とする。直近の検討結果に基づきケーススタディを行ったところ、大梁の現しや表面積が小さく設置間隔の広い天井木質仕上げおよび木製ルーバーなどがここで示した基準に合致する。しかし、防火上の懸念が強い、表面積が大きい天井木質仕上げや設置間隔の狭い木製ルーバー等については、本検討の方法を用い

でも実現は困難であることがわかった。当該方法では部分的な木質内装仕上げの算入対象とするのは煙層に触れる部分のみとしている。そのため、天井が高く、面積の大きな排煙口などによって煙層が空間内の高いから降下しない室においては、煙層の影響を受けない部分にある木製のルーバー等については利用できる可能性もある。なお、本検討の方法は、フラッシュオーバーの早期発生を防止するための部分的な木質内装仕上げの条件に関する検討事例をまとめたが、廊下や階段などの避難経路や火気使用室などについては、内装制限により出火のおそれ自体を低減する効果も期待している可能性があるため、当該検討の結果は適用できない。

#### IV おわりに

本報では、主に木質内装仕上げの燃え拡がりにより火災の進展が助長されるのを抑制する観点で、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、実現できない木材内装仕上げのニーズに対する実現可能性について直近の検討状況を紹介した。

#### 参考文献

- 1) 第1部 第IV章 第3節 木材利用の動向 (1) : 林野庁 (maff.go.jp), [https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo\\_h/all/chap4\\_3\\_1.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo_h/all/chap4_3_1.html) (2023年1月閲覧)
- 2) 第1部 第IV章 第1節 木材需給の動向 (2) : 林野庁 (maff.go.jp), [https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo\\_h/all/chap4\\_1\\_2.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/29hakusyo_h/all/chap4_1_2.html) (2023年1月閲覧)
- 3) プロジェクト研究「木造3階建て学校の火災安全性に関する研究」 (nilim.go.jp), <http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kasai/h23/top.htm> (2023年1月閲覧)
- 4) 月刊建築技術 (株式会社建築技術編) 2019年10月号【特集】変わる木造建築物の防耐火設計
- 5) 長谷見 雄二, 吉田 正志, 中林 卓哉 : 木造内装居室における天井不燃化の防火安全効果 : 「天井不燃・木造壁工法」にもとづく内装防火設計に関する研究・I、日本建築学会構造系論文報告集 第446巻、pp.137-145、1993年
- 6) 出口 嘉一, 長岡 勉, 岡崎 智仁, 白波瀬 智幸 : 避難安全検

証法の内装制限の適用除外規定を活用した木質内装の実現、日本建築学会技術報告集 第20巻、45号、pp.599-604、2014年

- 7) 日本建築学会 : 建築物の火災荷重および設計火災性状指針、5.2節 pp.168~173、丸善出版、2022年3月
- 8) Tomoaki Nishino、 Koji Kagiya: A multi-layer zone model including flame spread over linings for simulation of room-corner fire behavior in timber-lined rooms、 Fire Safety Journal、 Vol.115、 p.103155、 2020.7
- 9) 野秋政希 : 空間規模に応じた火災時の木製内装材の燃え拡がりモデル、日本建築工学会大会学術講演会研究発表論文集、2019年10月
- 10) 市原卓磨、長谷見雄二、安井昇、鈴木淳一、鍵屋浩司、吉田正志 : 木質内装材料の燃焼発熱性状に関する研究—大規模空間における火災成長率の実験的把握—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.319-322、2012年