

第5章 木質内装空間の仮想プランへの適用

木質内装空間の仮想プランを設定し、モデルを用いて火災性状を予測した結果を示す。具体的には、木質内装空間で火災が発生した時の各階や全館の避難安全性を検証する場合を想定し、火災室内の発熱速度と非火災室を含む各空間の煙層高さや煙層温度を時系列に予測する。ただし、避難時間との比較による避難安全性の判定は行わない。

5.1 プランと計算条件

図18に、設定した仮想プランの平面図を示す。建物は地上3階建て、鉄筋コンクリート造、延床面積1560m²の事務所ビル（主に貸し会議室）である。3層吹き抜けのエントランスホールを囲むようにして、1階にはカフェと管理室が配置されており、2階と3階には会議室と特別応接室が廊下を介して配置されている。各階の階高は4.5mであり、吹き抜け部分を除く天井高さは2.7mである。排煙設備は機械排煙、自然排煙とも設置されていない。1階のカフェとエントランスホールの間には防煙垂れ壁が設置されている。屋内階段とエレベーターシャフトが縦穴区画として設計されており、火災時に吹き抜け部分を囲うための扉やシャッターなどは設置されていない。ここでは、

(I) 1階のカフェの内装（壁）の一部を木質化する

(II) 1階のエントランスホールの内装（壁）の一部を木質化する

場合を想定し、1階のカフェとエントランスホールで出火した場合の2通りの計算を行う。なお、それ以外の内装（他の空間を含む）には準不燃材料を用いる。図19に、内装を木質化する部分のパスを示す。カフェについては、平面図で言う上側の壁一面、すなわち幅7.5m、高さ2.7mの範囲に木質内装材を貼る。エントランスホールについては、平面図で言

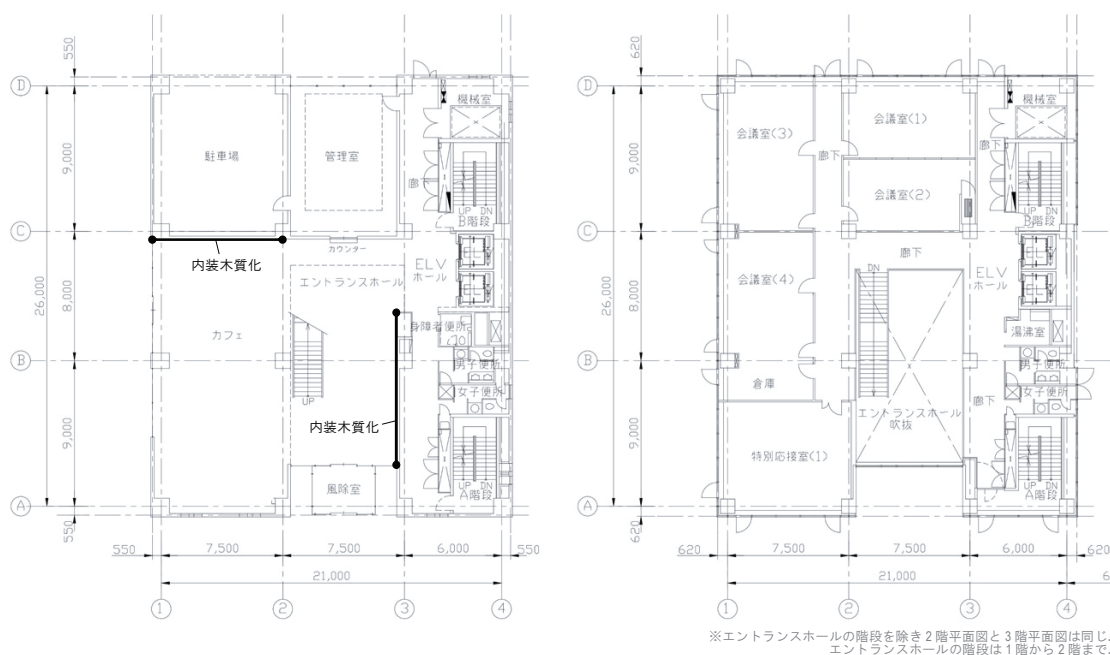
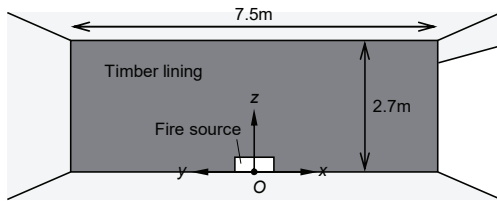
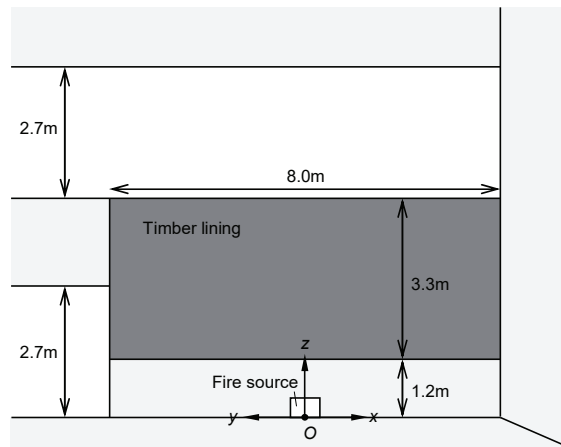


図18 仮想プランの平面図（左：1階平面図，右：2階・3階平面図）

(A) Cafe



(B) Entrance hall



(C) Parameters

Parameter	Cafe	Entrance hall
x_m	3.75 m	4.00 m
y_m	3.75 m	4.00 m
$z_{m,u}$	2.70 m	4.50 m
$z_{m,l}$	0.00 m	1.20 m

図 19 木質内装材の貼り方と火源の位置

表 2 火源の条件

項目	Cafe	Entrance hall
可燃物の種類	一人用ソファ	木質系椅子
火源の位置	壁際	壁際
火災成長率	0.12 kW/s ²	0.03 kW/s ²
最大発熱速度	1200 kW	250 kW
火源の幅	0.8 m	0.6 m
火源面の高さ	0.3 m	0.4 m

表 3 木質内装材(スギ)の条件

項目	設定
厚さ	15 mm
熱伝導率	1.1×10^{-4} kW/mK
密度	360 kg/m ³
比熱	1.26 kJ/kgK
放射率	0.9
含水率	0.15
着火温度	380 °C
火災伝播パラメータ	8.4 (kW) ² /m ³
発熱速度の時刻歴	CCM データ ³⁷⁾ を直線補間

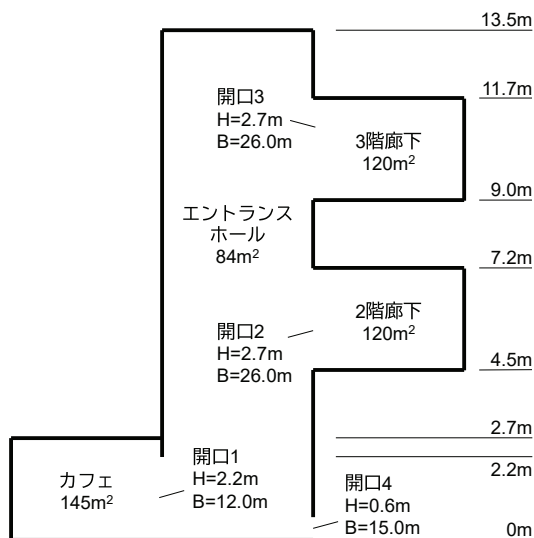


図 20 計算用の建物条件

う右側の壁に床上 1.2m から 4.5m の高さ (2 階床の高さ) まで、すなわち床から高さ 1.2m のクリアランスをとった幅 8m、高さ 3.3m の範囲に木質内装材を貼る。木質内装材には厚さ 15mm のスギを用いる。

計算にあたっては、図 20 に示すように、建物を①カフェ、②エントランスホール (吹き抜け)、③2 階廊下、④3 階廊下、の 4 つの空間が開口を介して接続される単純な関係に置き換えた。ただし、エントランスホールと外気との開口は、静圧計算のために人為的に設定したもので、煙流動性状に影響が出ないようにエントランスホールの下部に設けた。火源の条件は、実在可燃物の燃焼実験データ³⁸⁾を参考に設定した (表 2)。火源の発熱速度 \dot{Q}_s は、時間の 2 乗に比例して増加し、最大発熱速度に達した後は一定になるように与えた。

$$\dot{Q}_s = \min(\alpha_s t^2, \dot{Q}_{s,\max}) \quad (67)$$

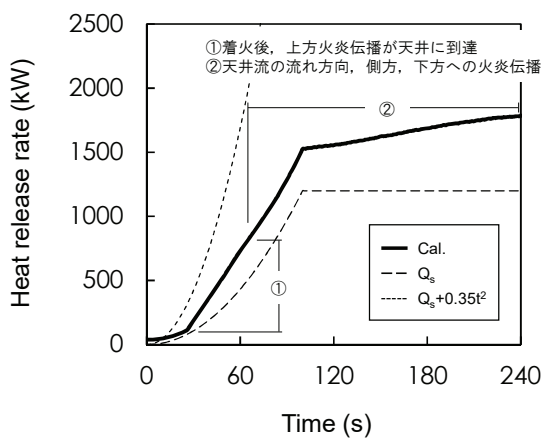
ここに、 α_s は火源の火災成長率、 $\dot{Q}_{s,\max}$ は火源の最大発熱速度である。カフェ出火で想定する火源は一人用ソファとし、壁際に火源を想定した。火災成長率を 0.12kW/s^2 、最大発熱速度を 1200kW 、火源の幅を 0.8m 、火源面の高さを 0.3m とした。エントランス出火で想定する火源は木質系椅子とし、壁際に火源を想定した。火災成長率を 0.03kW/s^2 、最大発熱速度を 250kW 、火源の幅を 0.6m 、火源面の高さを 0.4m とした。木質内装材として用いるスギ（厚さ 15mm ）の熱物性や単位面積あたりの発熱速度の時刻歴は、第4章5節と同じように設定した（表3）。発熱速度のうちの対流成分の比率は 0.7 とした⁴⁴⁾。

5.2 計算結果

(1) 火災室内の発熱速度

図21に、火災室内の発熱速度の計算結果を示す。カフェ出火については、出火から約25秒後に木質内装材に着火した。木質内装材の熱分解領域は上方に拡大し、出火から約65秒後に天井に到達した。その間、木質内装材からの発熱により、火災室内の発熱速度は火源の発熱速度よりも大きくなる。その後、木質内装材の熱分解領域は天井流の流れ方向、側方、および下方に拡大していき、木質内装材からの発熱速度は緩やかに増加する。火災室の面積が大きいので、高温気体から壁面上部への加熱が小さく、急激な燃え広がりは生じなかった。エントランスホール出火については、出火から約66秒後に木質内装材に着火した。木質内装材の熱分解領域は上方に拡大し、出火から約120秒後に床上 2.4m の高さに到達した。その後は、上方への拡大がほぼ停止し、木質内装材からの発熱速度はほぼ一定となった。すなわち、熱分解領域先端の高さが床上 $2.4\text{m} \sim 2.7\text{m}$ の高さでほぼ一定となり、木

(A) カフェ出火



(B) エントランスホール出火

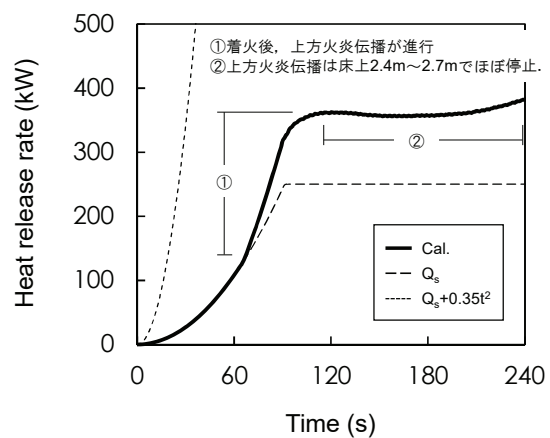
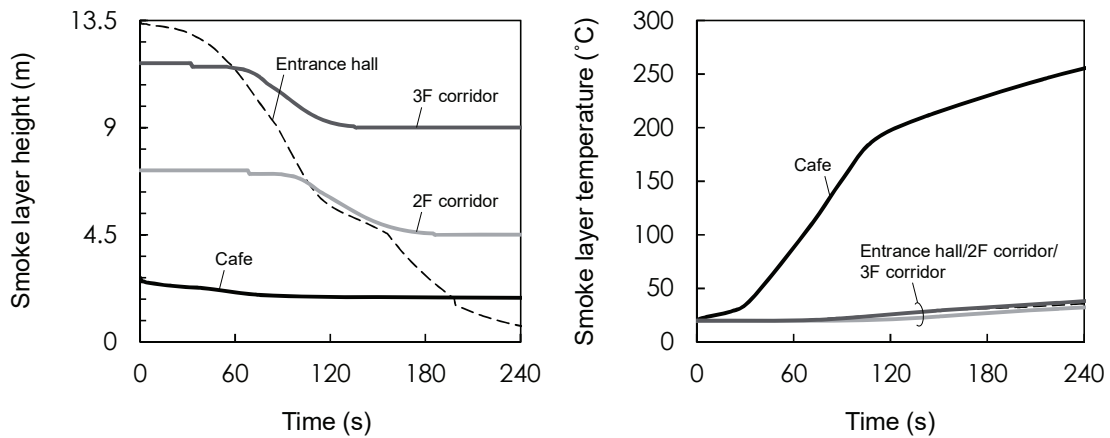


図21 火災室内の発熱速度の計算結果

(A) カフェ出火



(B) エントランスホール出火

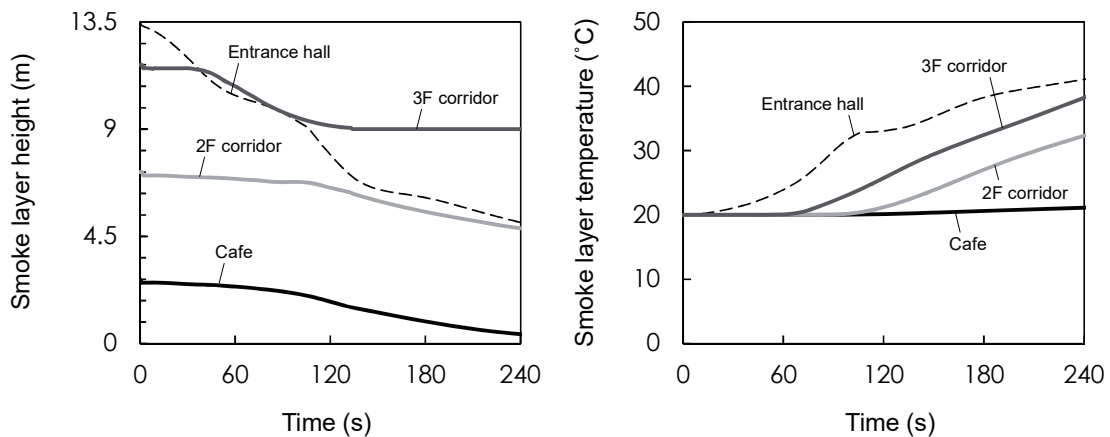


図 22 各空間の煙層高さと煙層温度の計算結果（煙層高さは地表面からの高さ）

質内装材の上端高さ（床上 4.5m の高さ）まで拡大することはなかった。ただし、側方への燃焼拡大は生じている。

いずれの場合も、モデルを用いて計算された火災室内の発熱速度は、平成 12 年建設省告示第 1441 号⁴⁾の内装の火災成長率（木材その他についての 0.35kW/s^2 ）を用いて計算される発熱速度よりもかなり小さい。出火後 4 分間の最大発熱速度は、カフェ出火の場合に約 1800kW 、エントランスホール出火の場合に約 400kW となった。特に、告示では、内装材の発熱速度が大きな火災成長率で延々と増加する扱いになっているのに対し、モデルでは、壁面上方への燃焼拡大が天井や天井に至る途中で停止する様や、その後の天井流の流れ方向、側方、および下方への燃焼拡大をも考慮して、発熱速度の変化を予測することができる。なお、図中の①の期間の始点と終点の時刻をそれぞれ t_1 と t_2 、発熱速度をそれぞれ \dot{Q}_1 と \dot{Q}_2 とし、その期間の内装の火災成長率 α_m を

$$\alpha_m = \frac{\dot{Q}_2 - \dot{Q}_1}{(t_2 - t_1)^2} - \alpha_s \quad (68)$$

として求めると、カフェ出火については 0.32kW/s²、エントランスホール出火については 0.05kW/s²となる。

(2) 各空間の煙層高さと煙層温度

図 22 に、各空間の煙層高さや煙層温度の計算結果を示す。ただし、煙層高さは地表面からの高さで示してある。カフェ出火については、出火直後から、わずかに温まった気体が火災室からエントランスホールに流出するが、高温の開口噴流によってエントランスホールでの急速な煙層の降下が始まるのは、出火から約 30 秒後である。その後、3 階廊下、2 階廊下の順に煙が拡がっていく。煙層が床面から 1.8m の高さに降下するまでの時間は、3 階廊下で 82 秒、2 階廊下で 114 秒であり、両空間とも煙層は最終的に床面まで降下する。火災室では、最終的に煙層高さが 1.8～1.9m の高さでほぼ一定となっている。出火後 4 分間で、火災室の煙層温度は 250°C 程度まで上昇するが、フラッシュオーバーが発生するような温度には達しない。エントランスホール出火については、出火直後から、エントランスホールで急速に煙層が降下し、3 階廊下、2 階廊下の順に煙が拡がっていく。煙層が床面から 1.8m の高さに降下するまでの時間は、3 階廊下で 61 秒、2 階廊下で 135 秒であり、両空間とも煙層は最終的に床面まで降下する。カフェにもわずかに温まった気体が流入するため、N%法によって煙層が低い位置まで降下すると判定されているが、カフェの煙層温度の初期温度からの上昇温度は極めて小さい。