

火災シミュレーション装置を用いた仮設防火対象物の火災実験に係る熱流束計の設置位置について

山室 直輝*, 大森 俊介*, 中西 智宏*

概要

実大実験をするにあたり、火災シミュレーション装置を用いて、仮設防火対象物の火災実験に係る熱流束計の設置位置（10kW/m²、3kW/m²が熱流束計で計測できる位置）を検討する資料とするため、臨時改良検証を行った。計算結果より火源からの距離が3m未満では、10秒以上10kW/m²以上となり保護されていない人間の皮膚は、2度の熱傷*¹を負い、3m以上4m未満では、4.5kW/m²以上となり約30秒以上で保護されていない人間の皮膚は、2度の火傷を負う演算結果となった。また、火源から5.5mほど離れた熱流束計でも3kW/m²程度の熱流束が算出された。

1 はじめに

実大実験をするにあたり、火災シミュレーション装置を用いて、仮設防火対象物の火災実験に係る熱流束計の設置位置を検討する資料とするため、臨時改良検証を行った。

【入射熱流束計の設置位置の検討】
開口部からの火炎長を検討し、輻射熱を想定

既往研究の連続火炎高さの計算式

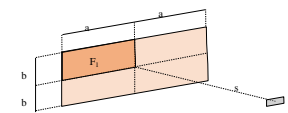
- 開口部から想定される発熱速度、開口部（高さ、幅）の影響等で求める式
 $L_c = 2.8 \times Q^{2/3} D$ (1)
- 開口高さの影響から求める簡易計算式
 $L_c = 1.64H$ (2)

放射面の中心から受ける放射熱量が最も高い①と②で求める連続火炎高さの結果を踏まえ、放射面中心部における形態係数を算出

形態係数から距離に応じた放射熱量を算出

【形態係数と輻射熱量】

- 形態係数
 $F = 4F_1$ $X = a/s$ $Y = b/s$
 $F_1 = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{(1+X^2)^{3/2}} \tan^{-1} \frac{Y}{(1+X^2)^{1/2}} + \frac{Y}{(1+Y^2)^{3/2}} \tan^{-1} \frac{X}{(1+Y^2)^{1/2}} \right)$
- 輻射熱量
 $R = 100F$



平行平面に対する形態係数

Cores8、メモリは96GB、OSは64bitオペレーションシステムを使用した。

3 計算条件について

メッシュについては、0.1mで設定、仮設防火対象物の中の火源は、1辺が1.2mの正方形にヘプタンが80リットル相当となるように、総発熱量2400MJ＝想定発熱速度3.73MWとして演算時間60秒とした。

仮設防火対象物と熱流束の位置関係については、図2のとおりとした。なお、仮設防火対象物の天井、壁面、床面の材料や表面等の設定は省略している。

図1の火源から熱流束の設定位置で演算したところ、想定していた熱流束よりも大きい結果が得られたため、熱流束計の設定位置を、図2の位置に変更し演算を行った。

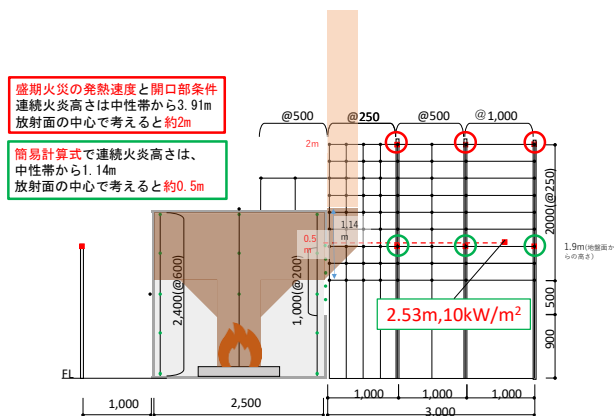


図1 放射面及び形態係数と熱流束計設置位置

2 使用したパソコンの仕様について

プロセッサは、intel Xeon silver 4110 CPU2.10GHz

*安全技術課

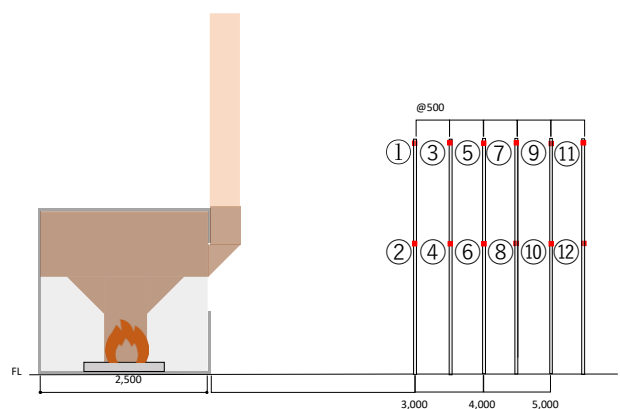


図2 変更した熱流束計設置位置

4 演算結果について

①から⑩までの熱流束計の熱流束は図3から図15のとおりとなった。なお、図の実線は、 $10\text{kW}/\text{m}^2$ と $3\text{kW}/\text{m}^2$ を示している。

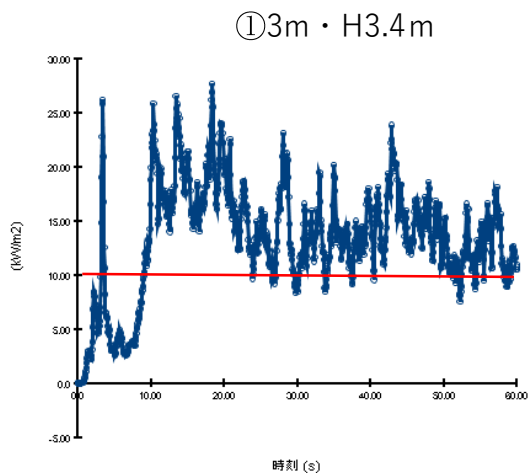


図3 熱流束① 火源から3m 高さ3.4m

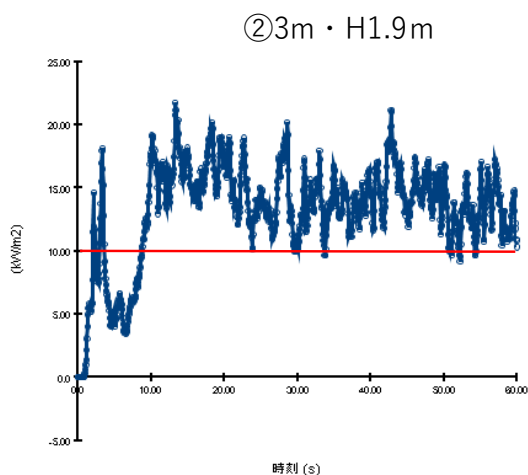


図4 熱流束② 火源から3m 高さ1.9m

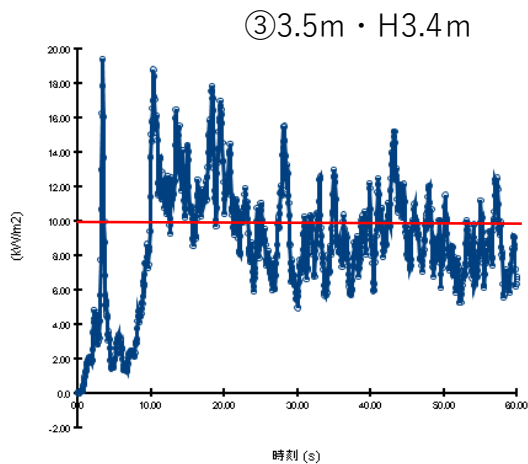


図5 熱流束③ 火源から3.5m 高さ3.4m

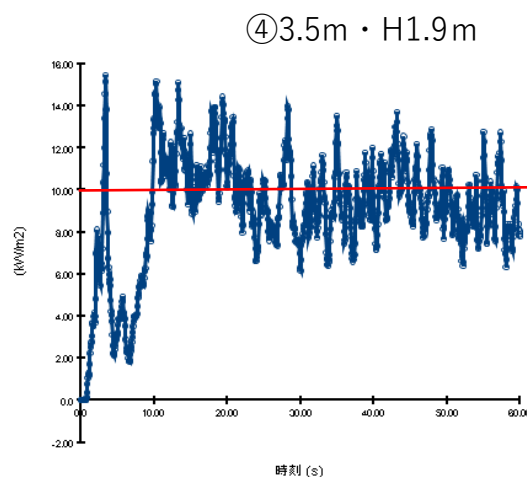


図6 熱流束④ 火源から3.5m 高さ1.9m

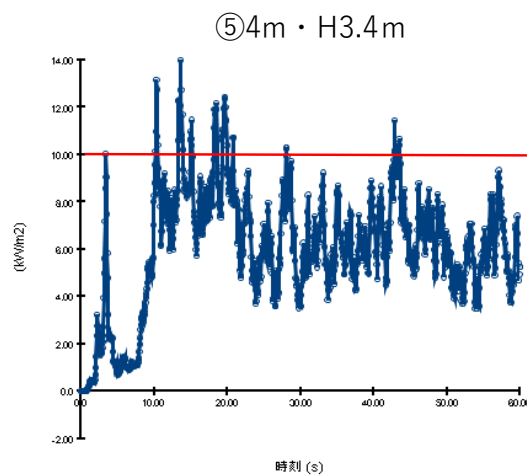


図7 熱流束⑤ 火源から4m 高さ3.4m

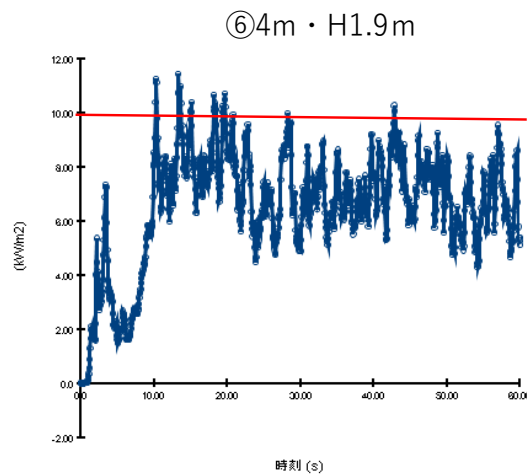


図8 熱流束⑥ 火源から4m 高さ1.9m

⑦4.5m・H3.4m

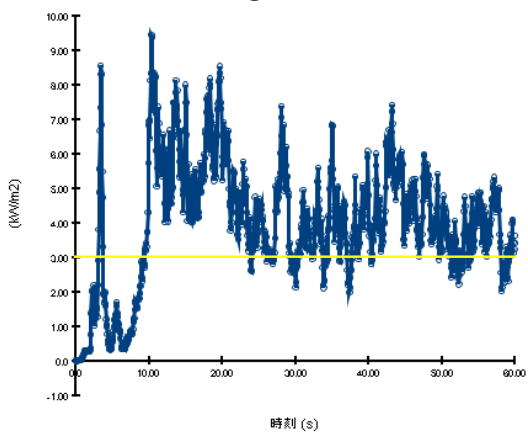


図9 熱流束⑦ 火源から4.5m 高さ3.4m

⑩5m・H1.9m

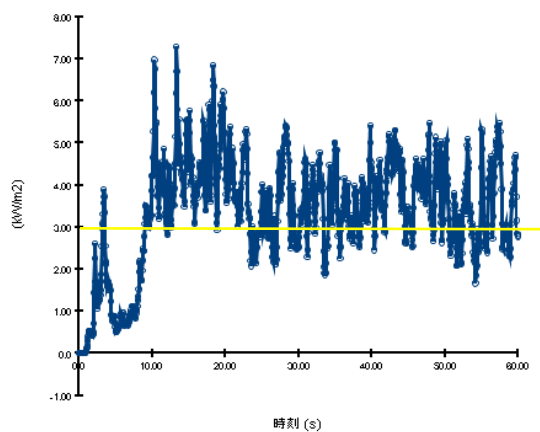


図12 熱流束⑩ 火源から5m 高さ1.9m

⑧4.5m・H1.9m

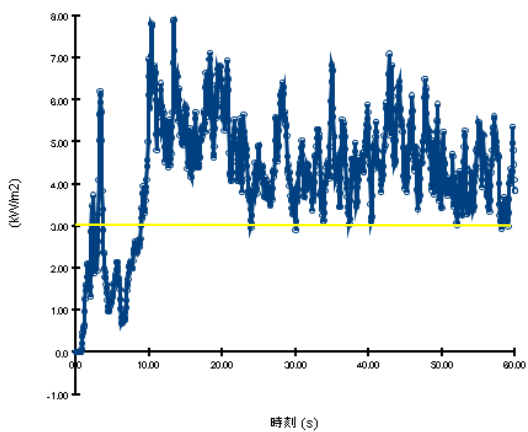


図10 熱流束⑧ 火源から4.5m 高さ1.9m

⑪5.5m・H3.4m

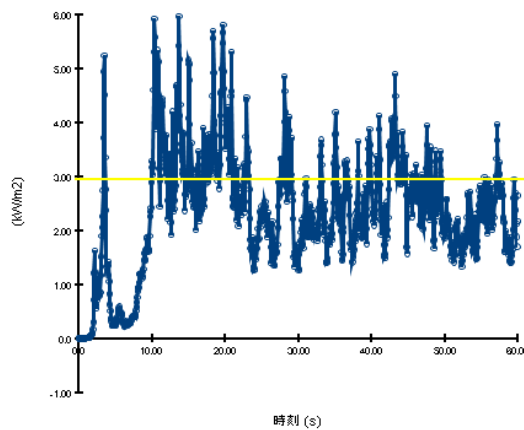


図13 熱流束⑪ 火源から5.5m 高さ3.4m

⑨5m・H3.4m

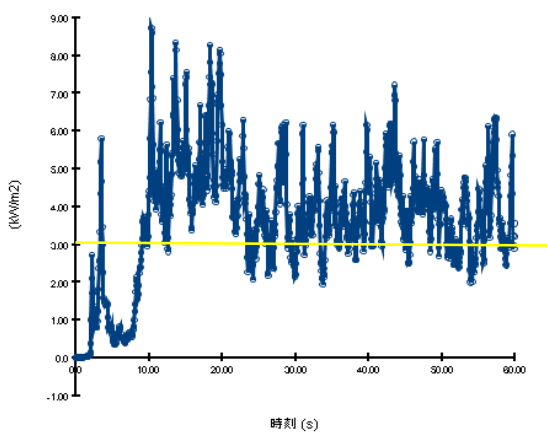


図11 熱流束⑨ 火源から5m 高さ3.4m

⑫5.5m・H1.9m

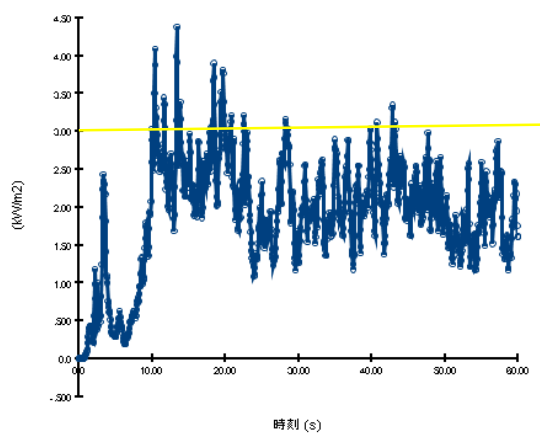


図14 熱流束⑫ 火源から5.5m 高さ1.9m

4 結果

表1に基づき演算結果を分類分けした。

表1 熱流束と反応^{*1}

熱流束レベル (kW/m ²)	
≈1	直射日射を伴う地表での典型的な晴れた日の太陽光。約20分から30分で日焼けが起こることがあります。
2.5	典型的な消防士の曝露と作業環境(太陽光の約2.5倍)
4.5	保護されていない人間の皮膚は、約30秒で2度の火傷を負います。(太陽光の約4.5倍)
6.4	保護されていない人間の皮膚は、露出8秒で痛みを感じ、18秒で2度熱傷の水ぶくれができます。(太陽光の約6.4倍)
10	保護されていない人間の皮膚は、約10秒で(太陽光の約10倍)で2度の熱傷を負います
13	木材の揮発性物質は炎にさらされると発火します。4(太陽光の約13倍)
16	保護されていない人間の皮膚は、2度熱傷に5秒間さらされた後、突然の痛みと水ぶくれを経験します。(太陽光の約16倍)
20	保護されていない人間の皮膚は、4秒未満で第2度の熱傷を負います
80	保護されていない人間の皮膚は、瞬時に2度の熱傷を負います。部屋でフラッシュオーバーが発生します。(太陽光の約80倍)
84	消防士の熱防護服を評価するためのNFPA1971熱防護性能(TPP)テストで指定された熱流束レベル
170	NISTによって測定された最大熱流束レベル。燃焼室(太陽光の約170倍)

- (1) 図3及び図4では、10秒以上10kW/m²を超える熱流束が演算されている。
- (2) 図5から図8では、30秒以上4.5kW/m²を超える熱流束が演算されている。
- (3) 図9から図14では、3kW/m²を超える熱流束が演算されている。なお、(1)から(3)の分類については図15のとおりである。

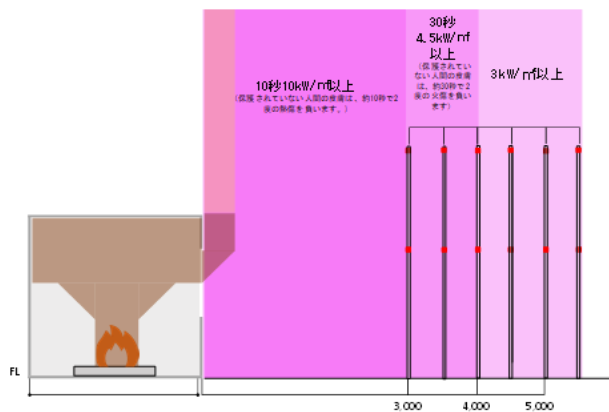


図15 熱流束簡易表示

5 まとめと提言

実大実験での熱流束計の設定位置は、図3及び図4において10秒以上10kW/m²を超える熱流束が演算されていることから、火源から3mの位置に熱流束計を設置することで、実大実験での10kW/m²付近の熱流束を測定する位置として適していると考えられる。

また、火源から3m以上4m未満の位置である図5から図8では、30秒以上4.5kW/m²を超える熱流束が演算され

ており、これは、保護されていない人間の皮膚は約30秒で2度の熱傷を負う可能性があることから、4mまでは比較的高い熱流束が測定される可能性がある。

4mを超える図9から図14では、3kW/m²を超える熱流束が演算されているが、火源から5.5m離れた図13及び図14においては、3kW/m²付近の熱流束が演算されており、実大実験では3kW/m²以上の熱流束が計測される可能性があることから、5mから6m付近に熱流束計を設置することで3kW/m²の熱流束が測定に適していると考えられる。

[参考文献]

- 1) National Institute of Standards & Technology, Building & Fire Research Laboratory, FIRE FACTS Heat Flux & Response