

火の粉による延焼危険性の評価

防火研究グループ 上席研究員 林 吉彦

I はじめに

平成24年2月につくば市で木三学実大火災実験が実施された¹⁾。試験体建物の寸法は幅約50m×奥行約16m×高さ約15m、木材使用量は約680m³。実験では大量の火の粉が発生、飛散、降積した。火の粉を収集し、質量や寸法等の計測を行った。本稿では、昨年度報告の続報として、新たな知見を紹介する。市街地火災の火の粉の性状を知る上で貴重な情報であり、将来的に、ISO 飛火試験の規格の見直しに生かしていく。

II 火の粉の個別計測結果

x 軸 (図1) と交わる 79m 地点の区画で収集した火の粉の中から無作為に 576 個を抽出し、それぞれの投影面積と質量を計測した。218, 366, 690m の区画で収集した火の粉についても同様の作業を行った。それぞれの抽出数は 385, 384, 112 個である。対象にした 4 区画を図1に太枠で示す。各区画において、抽出した火の粉の総質量は、区画内で収集した火の粉の総質量の約 20%, 約 28%, 約 35%, 100% である。区画面積は、順に、308, 621, 1469, 739m² である。

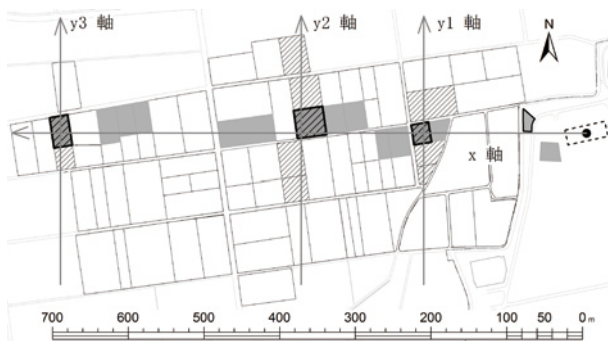


図1 火の粉を収集した区画

火の粉の投影面積の計測は、火の粉が安定するように机の上に置き、三脚で固定したデジタルカメラで真上から撮影し、画像を XnView (フリーウェア) でモノクロ二値化し、GIMP2 (フリーウェア) でノイズ除去を行った。その後、ピクセルカウンター (フリーウェア) で画素数を調べ、面積が既知の図形の画素数を基準に面積を算出した。質量計測は、火の粉をオープン内で十分に乾燥させ (104°C で 12 時間乾燥させ)、秤量 1200g、最小表示 0.001g の電子天秤を用いて行った。

火の粉の投影面積と質量を図2に散布図で示す。いずれの区画でもプロットの分布範囲は右上がりであり、投影面積と質量は相関する。分布範囲は火源に近いほど広く、火の粉の最大投影面積または最大質量は飛距離と負に相関することが読み取れる。図中に最小二乗法による原点を通る近似直線を示す。近似直線の傾き (火の粉の投影面積あたりの質量) は飛距離と負に相関している。概して、質量も投影面積も飛距離に伴って小さくなるが、質量の減少の方が大きい。79m, 218m の区画では、質量値は近似直線を挟んで上下にばらつきを見せる (図2(1), (2))。火の粉の質量の違いは火の粉の厚さ、密度の違いに起因する。比較的火源に近い区画ほど、火の粉の形状、燃焼状態の違いは大きくなる。

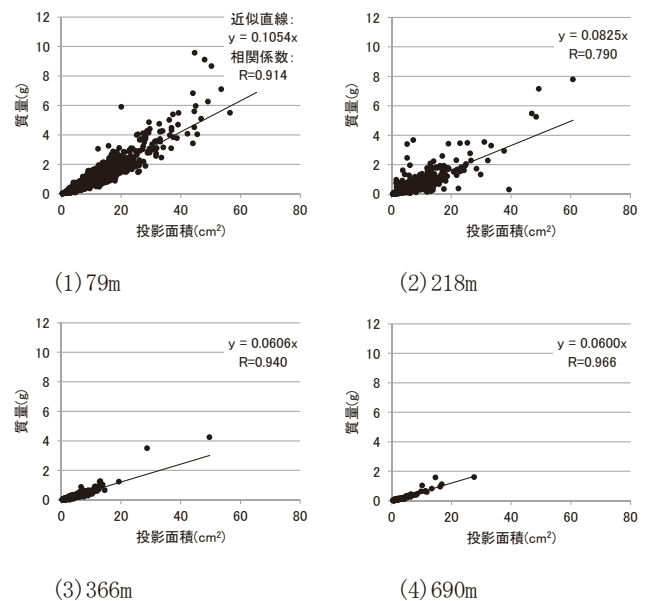


図2 火の粉の投影面積と質量

火の粉の密度を把握するため、体積の計測を行った。火の粉の体積を砂で置き換える方法を用いた。硅砂 (粒度: 0.15 ~ 0.85mm、中心粒度: 0.43mm) を用い、火の粉の体積に相当する乾燥硅砂の質量 (ガラス容器に乾燥硅砂だけを満たした状態の質量 - 火の粉と乾燥硅砂を満たした状態の質量 + 火の粉の質量) を計測し、乾燥硅砂の密度から算出した。乾燥硅砂の容器への注入は、堆積の締め固まり具合が毎回同じにな

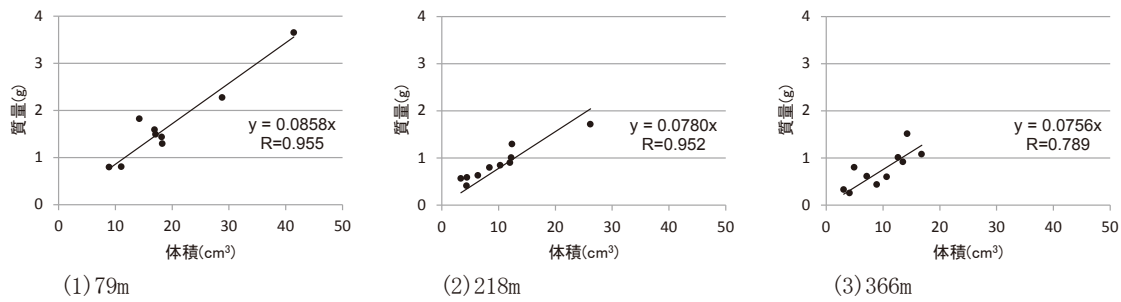


図3 火の粉の体積と質量

るように時間をかけて慎重に行った。計測の精度を確保するには、ある程度の体積を有する火の粉を対象とする必要がある。5cm〜に仕分けされた火の粉は火源近くを離れると数が少なかったため、3〜5cmの火の粉について計測を行うことにした。サンプル数は、9個(79mの区画)、10個(218、366mの区画)である。明らかに合板に由来する火の粉は除いた。

体積と乾燥質量の関係を図3に示す。図中に最小二乗法による原点を通る近似直線を示す。傾きは密度を表す。密度は、0.086g/cm³(79m区画)、0.078g/cm³(218m区画)、0.076g/cm³(366m区画)と変化する。

火の粉の厚さは、火の粉を水平面上に安定するように置いたとき、横から見た上下方向の寸法である。個々の火の粉の形状は複雑であり、たとえば、横から見てサイコロ状のものとコの字状のものとは、投影面積と質量の組み合わせがほぼ同じでも、厚さが同じになるわけではない。ここでは、厚さを実際の寸法で捉えるのではなく、火の粉の形状を正方形柱に置き換え、その高さで代表させる。3〜5cmに仕分けされた火の粉の投影面積の平均は、個別計測結果から、13.3cm²(79m区画)、11.7cm²(218m区画)、11.7cm²(366m区画)である。質量の平均は、1.3g(79m区画)、0.9g(218m区画)、0.8g(366m区画)である。これらの算出には、合板に由来する火の粉も含まれているが、前述した密度(0.086g/cm³(79m区画)、0.078g/cm³(218m区画)、0.076g/cm³(366m区画))を用い、投影面積を正方形柱の底面積とすれば、火の粉の厚さ(正方形柱の高さ)は、1.15cm(79m)、1.04cm(218m)、0.89cm(366m)と算出される。

III まとめと今後の取り組み

3階建て大規模木造建物(幅約50m×奥行約16m×高さ約15m、木材使用量約680m³)の火災実験で大量の火の粉が発生し、風下の広範囲に飛散、降積した。昨年度分も含め、以下にまとめを記す。

①大量の火の粉が発生したのは、建物の三層同時炎上、屋根

燃え抜け時である。

②ほぼ一定の風向、風速下(東北東〜東、平均風速は4.6m/s)、火の粉の飛散、降積範囲は火源を中心とする扇形で近似できる。中心角は約44°である。最長飛散距離は1655mであった。

③火の粉の降積密度は、火源から54〜79m付近では10g/m²程度、218m付近では1〜1.5g/m²程度、366〜449m付近では0.15〜0.2g/m²程度、694m付近では0.01g/m²程度であった。指数的に減少している。0.15〜0.2g/m²以上の範囲で飛火(草地の焦げ)が起きた。

④火の粉の投影面積と質量を個別計測した。概して、質量も投影面積も飛距離に伴って小さくなるが、質量の減少の方が大きく、火の粉の投影面積あたりの質量は飛距離とともに小さくなる。

⑤同じ場所で採取された火の粉を比較すると、大きいものほど、厚さがあるか、密度が大きい傾向がある。同じ大きさの火の粉では、火源に近いものほど、厚さがあるか、密度が大きい傾向がある。

⑥3〜5cm程度に区分される火の粉の体積を珪砂で置き換えることにより計測した。質量の計測結果と併せ、火の粉の密度を明らかにした。火の粉の密度は、0.086g/cm³(火源から79m付近)、0.078g/cm³(218m付近)、0.076g/cm³(366m付近)である。

⑦火の粉の形状を正方形柱に置き換えると、3〜5cm程度の火の粉の場合、底面積と高さは、13.3cm²、1.15cm(79m付近)、11.7cm²、1.04cm(218m付近)、11.7cm²、0.89cm(366m付近)である。

火の粉の降積時の赤熱状態での大きさや形状や燃焼の程度については別途検討する。将来的に、ISO飛火試験の規格見直しを通じ、火の粉の加害性評価手法の確立を目指す。

参考文献

1)長谷見雄二ほか、木造3階建て学校の実大火災実験(予備実験)その1〜14、日本建築学会大会学術講演梗概、2012年