大規模木造建物実大火災実験で発生、飛散した火の粉の降積量と個別計測

FIREBRAND DEPOSITION AND MEASUREMENTS OF COLLECTED FIREBRANDS GENERATED AND TRANSPORTED FROM A FULL-SCALE BURN TEST USING A LARGE WOODEN BUILDING

林 吉彦 — * 1 蛇石貴宏 — * 2
泉 潤一 — * 3 成瀬友宏 — * 4
板垣直行 — * 5 橋本隆司 — * 6
安井 昇 — * 7 長谷見雄二 — * 8

Yoshihiko HAYASHI — * 1 Takahiro HEBIISHI — * 2
Junichi IZUMI — * 3 Tomohiro NARUSE — * 4
Naoyuki ITAGAKI — * 5 Takashi HASHIMOTO — * 6
Noboru YASUI — * 7 Yuji HASEMI — * 8

キーワード：
大規模木造、実大火災実験、火の粉の降積密度、火の粉の質量、火の粉の体積

Keywords:
Large wooden building, Full-scale fire experiment, Deposition density of firebrand, Mass of firebrand, Volume of firebrand

The fire experiment was conducted in Tsukuba in February, 2012 for studying a feasibility of a large wooden building. The building went up in flames and a large number of firebrands were generated and transported by the wind. After the experiment, firebrands deposited in every location were collected and each total mass was measured. Consequently, the extent of the firebrand deposition and the distributions of the firebrand deposition density were obtained. The measurements of projected area, mass and volume of each firebrand revealed that the firebrand mass density and dimensions decreased with a distance from the fire.

1. はじめに

近年、木造建築は、木造そのものへの嗜好の高まりの他、森林資源や林業の健全化、低炭素化等、様々な関心から注目され、2010年には公共建築物木材利用促進法が施行された。現在、木造の学校建築については、建築基準法上、3階建てでも延べ面積3,000㎡を超える規模も許容されていないが、木材利用の機運の高まりの中、木造三階建て大規模学校建築（木三学）の実現可能性を検討する一助として、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⁾。主要構造部は屋根と階段を除き1時間準耐火構造とし、内装に木材を多用し、火災荷重も実際より多く設定して実施した。実験では、1階出火室の窓から大規模な噴出火炎が発生し、短時間で2階、3階の教室に延焼した。三層同時炎上、屋根の燃え抜けが発生し、大量の火の粉が上空に舞い上がり、風に乗って、風下の広範囲に飛散、降積した。実験結果を踏まえ、現在、急速な延焼防止に向けた対策の検討が進められている。火の粉については、その発生は建築基準法で明示的に規制されるものではないが、飛散範囲や大きさなどの情報を共有しておくことは重要である。そこで、筆者らは、木三学実験で広範囲に飛散、降積した火の粉を収集し、分析を行った。

なお、収集した火の粉は消し炭状のものが圧倒的に多かった。繊維、金属箔もごく少数見られたが、本報では、木材に由来する火の

粉を対象にする。本来、火の粉は赤熱した状態を指すが、本報では、燃え残りも火の粉と称している。大きさによらず火の粉と称す。

2. 試験体建物の概要

試験体建物はつくば市の国土技術政策総合研究所の構内に建設された。幅約50m×奥行約16m×高さ約15mの総3階建て、建築面積は約830㎡、延べ面積は約2260㎡であった。図1の左から「枠組壁工法」、「軸組工法①」、「防火壁」、「軸組工法②」の4ブロックで構成した。

図1 試験体建物

¹⁾ 建築研究所防火研究グループ 上席研究員・工博
(〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

²⁾ 住友林業筑波研究所 研究員

³⁾ 三井ホーム技術企画部 技術開発グループ長

⁴⁾ 国土技術政策総合研究所建築研究部 室長・博士 (工学)

⁵⁾ 秋田県立大学システム科学技術学部 准教授・博士 (工学)

⁶⁾ 日本海コンサルタント地理情報部 担当グループ長

⁷⁾ 早稲田大学理工学研究所 客員上級研究員・博士 (工学)

⁸⁾ 早稲田大学理工学術院 教授・工博

¹⁾ Chief Research Engineer, Building Research Institute, Dr. Eng.

²⁾ Researcher, Sumitomo Forestry Co., Ltd.

³⁾ Executive Manager, Mitsui Home Co., Ltd.

⁴⁾ Head of Laboratory, National Institute for Land Infrastructure Management, Dr. Eng.

⁵⁾ Assoc. Prof., Akita Prefectural Univ., Dr. Eng.

⁶⁾ Group Leader, Nihonkai Consultant Co., Ltd.

⁷⁾ Visiting Senior Researcher, Waseda Univ., Dr. Eng.

⁸⁾ Prof., Waseda Univ., Dr. Eng.

「枠組壁工法」と「軸組工法①及び②」の3ブロックは、外壁・軒裏・間仕切壁・柱・はり・床は1時間準耐火構造、屋根・階段は30分準耐火構造とし、外壁開口部は防火設備でないガラス戸とした。各ブロックの1階は、壁・天井・床が木材仕上げとし、2、3階については、「枠組壁工法」は、壁・天井・床が石膏ボード仕上げ、「軸組工法①及び②」は、壁が石膏ボード、天井及び床が木材仕上げを基本とした。防火壁は木造の軸組に強化石膏ボードを重ね張りした1時間耐火構造仕様とした。階段室の開口部、防火壁の開口部には特定防火設備を設置した。実験時はすべて閉まった状態とした。「枠組壁工法」には、カラマツやマツ科の木材など約200m³が使われた。「軸組工法」には、カラマツやスギなど約350m³が使われた。その他に約130m³の木材が収納可燃物として使われた。

3. 実験結果

3.1 火災進展と火の粉の発生

実験開始時の気温は5.8℃、湿度は47%であった。建物前面から南に約70m離れた地点の地上10m高の観測値である。

図2に示す点火位置（「軸組工法①」1階職員室内×）で木材クリップに点火した。約2分で火炎は天井に達し、約2分45秒には職員室全体に延焼し、窓ガラスが割れ、大きな火炎が噴出した。約4分には2階教室の窓ガラスが割れ、内装材に着火した。約5分には出火室直上の軒裏が着火した。約6分20秒には3階教室の窓ガラスが破損し、火炎が室内に侵入した。約6分には職員室東半分の南面開口からも火炎が噴出し、火炎は軒裏まで達した。各階北側のオープンスペースや小室にも延焼し、約9分に建物北面開口から火炎が噴出し、約12分には全窓から火炎が噴出した。約14分30秒には職員室西隣に延焼が進んでおり、約30分には屋根の一部が燃え抜けた。

「軸組工法②」と「枠組壁工法」は、約12～17分には延焼しており、約27～28分に3層同時燃焼を呈した。約32分には屋根が燃え抜け、その後、燃え抜けが拡大し、約45分には大きな火炎が形成された。

①各所に配置した収納可燃物、木材クリップの発熱量密度(MJ/m²)を□内に示す。
②●位置に熱電対を設置(床上1.8mから天井下面まで3～4本)。図中には、いずれかの熱電対が450℃を超えた時間を点火時基準に分:秒で記している。450℃は、目視観察やビデオ記録と併せ、延焼判断の基になる。

図2 平面図

18分頃（「軸組工法①」の3層同時燃焼が火勢を増しつつある段階）から建物周辺で火の粉の降積が目視されるようになった。1cm程度の大きさで数的に多くはなかった。28分頃（すべてのブロックが3層同時燃焼（図3）から火の粉の降積がやや目立ち始め、30分頃（「軸組工法①」の屋根が燃え抜け）から数cm大の火の粉も見られるようになった。37分頃（「枠組壁工法」の屋根の燃え抜けが拡大しつつある段階）には10cm大の火の粉も降積した。46分（「枠組壁工法」の屋根の燃え抜けから大きな火炎が噴出）以降、大量の火の粉が上空に吹き上げられた（図4）。10cm大の火の粉が多数降積したが、30cm前後のものが降積することもあった（図5）。これは燃焼する屋根や外壁の一部が風で剥がされたものと考えられる（図6）。65分頃には建物の炎上はピークを越えたが、火の粉の降積が確認できた。75分頃には下火にもかかわらず、未だ多数の火の粉が降積した。建物の炭化した部位に風が当たって生成したと考えられる。

図3 建物の炎上（28分）

図4 上空に舞い上がる火の粉

図5 30cm長の火の粉

図6 燃焼部位の風による剥離

3.2 火の粉の飛散、降積範囲

実験中、前述の観測地点で風向、風速を1分間隔で記録した。風向は東北東～東（図7）、平均風速は4.6m/s（標準偏差は0.9m/s）であり（図8）、火災の進展に伴い発生した火の粉は風下の広範囲に飛散、降積した。火源より風上への飛散、降積は認められなかった。

図7 風配図

図8 風速

実験終了直後、火の粉の飛散、降積範囲を明らかにするために、周辺を踏査した。火源から200、300メートル辺りでも多数の降積を確認した。500～600m離れても数cm大の火の粉が見られた。形は様々であるが、サイコロを押し潰したようなものが多い。1000mを超えた範囲でも火の粉の降積を確認した。最長で1655m地点での降積を確認した。この周辺で火の粉の飛来について住民の証言も得ている。

1000m 以上の火の粉は 1cm 以下の板状である。遠方に飛散した火の粉は、試験体建物の屋根の燃え抜けから噴出した火炎によって上空に吹き上げられ、風に移流されてきたものと考えられる。踏査した結果を基に、火の粉の飛散、降積範囲を図 9 に示す。降積位置は火源を中心とする扇形の中にほぼ収まる。中心角は約 44° である。

図 9 火の粉の飛散、降積範囲

3.3 火の粉の降積量

実験直後の周辺踏査で、火源から 700m ほどの範囲で大量の火の粉が降積していることを確認した。火の粉がほぼ均一に降積する範囲を一つの区画とし、このような区画を 83 箇所設定し (図 10)、区画ごとに火の粉を収集した。

図 10 火の粉を収集した区画

区画の中には畑地もあり、数 mm 以下の火の粉の降積を確認するのは困難であった。おおよそ 5mm 以上の火の粉を対象に収集した。収集した火の粉は、混入した小石や泥などを除くため、開き目 5mm のふるいにかけた。残ったものを質量の変化がなくなるまでオープン内で十分に乾燥させ (104℃で 12 時間乾燥させ)、総質量を計測した。計量には、秤量 33kg、最小表示 0.1g の台はかりを使用した。区画内の総質量を区画面積で除して火の粉の降積密度を算出した。降積

密度の代表点は区画中心とすべきであるが、x 軸 (東→西方向、卓越風向 (図 7 参照)) にほぼ沿う区画 (図 10 のグレーの区画) では、代表点を x 軸上に移す。座標値は、軸原点 (火源中心) から区画中心までの直線距離とする。x 軸と直交する y1, y2, y3 軸 (南→北方向) においても、それらが交わる区画 (図 10 の斜線の区画) の降積密度の値を各軸上に移す。座標値は、y1~y3 各軸と x 軸の交点を原点とし、原点と区画中心までの直線距離とする。対象とした区画の平均面積は 1194m² である。

図 11 に x 軸、y1~y3 軸上の火の粉の降積密度を示す。x 軸上の降積密度は、原点から 200~300m 付近までは急激に、その後は緩やかに減少する (図 11 (1), (2))。減少傾向はおおよそ指数分布曲線で表すことができる。実験中、数箇所飛火 (草地の焦げ) が見られた (図 9)。最遠の 450m 付近の降積密度は 0.15~0.2g/m² 程度である (図 11 (2))。y1~y3 軸上では、原点付近をピークとする山形の分布を示す (図 11 (3))。原点付近を外れると急激に減少する。その傾向は火源に近いほど顕著である。

3.4 火の粉の投影面積と質量

x 軸と交わる 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 10 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。690m 地点の区画では、収集数が少なかったため、全部の火の粉を計測した。区画面積は、順に、308, 621, 1469, 739m² である。

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 (図 12)。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℃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。

図 12 火の粉の画像の二値化

図 11 火の粉の降積密度

火の粉の投影面積と質量を図 13-1 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 13-1(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 13-1 火の粉の投影面積と質量

図 13-2 火の粉の投影面積と質量（2 階建て木造火災実験の結果）

図 13-2 に、米国で行われた 2 階建て木造住宅（建築面積約 180m²）の火災実験の結果を比較のために示す²⁾。実験は約 5.8m/s の風速下で行われた（本実験では、約 4.6m/s）。風下側外壁面から風下に 4m, 18m 地点に水を張ったパン内を置き、中に降積した火の粉を乾燥状態で計測した。本試験体建物とは木材使用量のほかに施工方法や材料などにも違いがある。住宅街での火災実験であり、安全に配慮して放水しながら行われた。火の粉の投影面積と質量の散布図を比較すると（図 13-1, 13-2）、本実験で収集した火の粉は、米国実験とは異なり、降積後も燃焼し、質量や寸法は減少したはずであるが、いずれの地点の散布図を見ても、プロットの分布範囲は広くばらつ

いており、投影面積あたりの質量が大きい。大規模化、中層化された木造建物では、全体が同時炎上するような状況を起こしてしまうと、大規模な上昇火炎の影響で燃焼中の木片でも剥がれ易くなり、大きい火の粉でも高く舞い上がり、比較的低風速の気象下でも遠方に飛散する結果となる。

図 13-1 に示したように、火の粉の投影面積あたりの質量は区画間で相違が見られた。投影面積、質量の計測にあたり、各区画では、火の粉を大きさによらず無作為に抽出した。火の粉の大きさの影響を詳しく見るため、各区画で収集した火の粉をある程度の大きさごとに仕分けした後、それぞれから無作為に抽出し、同様の個別計測を行った。

79m 地点の区画では、既に個別計測したものを除き、収集した火の粉を 4 種類のふるい（目開き：0.5, 1, 3, 5cm）にかけ、ほぼ 0.5～1cm, 1～3cm, 3～5cm, 5cm への 4 段階の大きさに仕分けし、各段階の総質量を乾燥状態で計測した。218, 366m 地点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。いずれの区画でも 1～3cm の火の粉の総質量が最も大きい（図 14）。区画によって絶対量は大きく異なるが（図 14(1)）、全体に占める割合は 60～70% 程度であり（図 14(2)）、大きくは変わらない。79m の区画では、3～5cm の火の粉は 20% 強、5cm への火の粉は 10% 弱である。火源を離れるほどこれらの割合は小さくなる。366m の区画では 0.5～1cm の火の粉の割合が大きい。

図 14 火の粉の大きさ別の質量

79m 地点の区画では、0.5～1cm に仕分けされたものの中から無作為に 630 個を抽出し、それぞれの投影面積と乾燥質量を計測した。630 個の総質量は 0.5～1cm に仕分けされた火の粉の総質量の約 19% である。1～3cm, 3～5cm, 5cm への仕分けされた火の粉についても同様の作業を行った。抽出数は 630, 377, 41、質量比は約 21%, 100%, 100% である。218, 366m 地点の区画の火の粉についても同様の作業を行った。218m 地点での抽出数は、順に、315, 525, 88, 7、質量比は、約 31%, 約 37%, 100%, 100% である。366m 地点での抽出数は、順に、420, 420, 10, 1、質量比は、約 20%, 約 49%, 100%, 100% である。3～5cm, 5cm への仕分けされた数は少なく、全数を計測した。

図 15 に散布図を示す。図中に最小二乗法による原点を通る近似直線を示している。同じ大きさに仕分けされた火の粉を比較すると、全体傾向でも見られたように（図 13-1）、近似直線の傾きは飛距離と負に相関する。同じような大きさでも、遠方に飛散する火の粉は厚さが薄い、密度が小さいといえる。大きさの違いについては、いずれの区画でも、近似直線の傾きは火の粉の大きさと正に相関する。小さい火の粉は厚さが薄い、密度が小さい。

図 15 火の粉の投影面積と質量

図 16 に火の粉の写真を参考にする。218m 地点の区画で収集した火の粉を大きさ別に示している。

図 16 収集した火の粉 (218m)

収集した火の粉の中には、繊維方向が直交して重なり合ったものが散見された (図 16)。膨らみはなく、形状は板状である。合板に由来する火の粉と判断できる。それ以外の火の粉は、概して、大きさは様々で、膨らみがあり、体積の割には軽く感じられる。その多くは主に集成材に由来するものと考えられる。218m 地点の区画の 3~5cm に仕分けされた火の粉は合板に由来するものとそれ以外のものの識別が比較的容易であった。全 88 個の内、合板に由来する火の粉は 8 個あり、乾燥状態の質量の合計は 10.3g、全体の 12.3% を占めた。投影面積の合計は 94.9cm² であり、全体の 9.2% であった。合板に由来する火の粉は、投影面積が比較的小さく、厚さがないが、重量があることがわかる。

合板に由来する 8 個の火の粉について、個々の投影面積と乾燥質量を計測した。散布図を図 17 に示す。合板以外の 80 個の火の粉の計測結果と比較して示している。

図中に最小二乗法による原点を通る近似直線を示す。近似直線の傾きは火の粉の厚さと密度に関連する量である。両者で傾きの違いが見られるが、合板に由来する火の粉は概して薄いことから、その密度は傾きの違い以上に大きいと考えられる。

(1) 合板に由来する火の粉

(2) 合板でない火の粉

図 17 合板の質量と投影面積の関係

3.5 火の粉の体積、密度、寸法

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。明らかに合板であるものは除いた。

図 18 火の粉の体積と質量

体積と乾燥質量の関係を図 18 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、 $0.086\text{g}/\text{cm}^3$ (79m 区画)、 $0.078\text{g}/\text{cm}^3$ (218m 区画)、 $0.076\text{g}/\text{cm}^3$ (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、 13.3cm^2 (79m 区画)、 11.7cm^2 (218m 区画)、 11.7cm^2 (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 ($0.086\text{g}/\text{cm}^3$ (79m 区画)、 $0.078\text{g}/\text{cm}^3$ (218m 区画)、 $0.076\text{g}/\text{cm}^3$ (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。

実際には、各区画には様々な大きさの火の粉が飛散、降積したが、この状況を上記寸法の正方形柱の火の粉で読み替える。火の粉は火災盛期の 20 分間に集中的に発生、飛散、降積したとすれば、平均的な火の粉の質量 (1.3g (79m 区画)、 0.9g (218m 区画)、 0.8g (366m 区画)) と降積した火の粉の総質量 (2759.4g (79m 区画)、 794.9g (218m 区画)、 264.4g (366m 区画)) から、それぞれの区画に飛散、降積する火の粉の個数は、単位時間あたり、 1.8 個/秒 (79m 区画)、 0.7 個/秒 (218m 区画)、 0.3 個/秒 (366m 区画) と見積もり可能である。

4. まとめ

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 680m^3) 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。

- 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 $4.6\text{m}/\text{s}$)、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 $54\sim 79\text{m}$ 付近では $10\text{g}/\text{m}^2$ 程度、 218m 付近では $1\sim 1.5\text{g}/\text{m}^2$ 程度、 $366\sim 449\text{m}$ 付近では $0.15\sim 0.2\text{g}/\text{m}^2$ 程度、 694m 付近では $0.01\text{g}/\text{m}^2$ 程度であった。指数的に減少している。 $0.15\sim 0.2\text{g}/\text{m}^2$ 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硅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、 $0.086\text{g}/\text{cm}^3$ (火源から 79m 付近)、 $0.078\text{g}/\text{cm}^3$ (218m 付近)、 $0.076\text{g}/\text{cm}^3$ (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、 13.3cm^2 、 1.15cm (79m 付近)、 11.7cm^2 、 1.04cm (218m 付近)、 11.7cm^2 、 0.89cm (366m 付近) である。

大規模木造建物の炎上で広範囲に大量に飛散、降積した火の粉を既往の研究^{3),4)}同様に燃え尽き状態ではあるが、悉皆的に収集し、計測を行い、火の粉に関わる新たな知見を示した。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。

謝辞

本研究は、国土交通省「木造建築基準の高度化推進事業」(研究代表者：長谷見雄二早稲田大学教授)のもと、(独)建築研究所と国土交通省国土技術政策総合研究所との共同研究の一環として行われた。火の粉の収集に際し、三井ホーム、住友林業、早稲田大学の多数の方々から協力を得ました。実験場周辺住民の方々には、実験計画段階から実施、事後処理に至るまで、ご協力いただくとともに、ご迷惑もおかけしました。謝意を表します。

参考文献

- 1) 長谷見雄二ほか 18 名：木造 3 階建て学校の実大火災実験 (予備実験)、(その 1) 課題と研究計画、(その 2) 試験体建物の耐火性能の考え方、(その 3) 試験体建物の設計、(その 4) 測定項目と実験条件、(その 5) 実験全体の経過—観察記録一、(その 6) 画像記録による実験全体の経過、(その 7) 建物内の温度記録—各部の温度推移—、(その 8) 建物内の温度記録—室温による延焼時間の推定—、(その 9) 主要構造部の非損傷性・区画性能、(その 10) 建物内及び周辺の熱流束、(その 11) 建物各面の熱映像、(その 12) 噴出火炎の形状と温度、(その 13) 上階延焼検証法の適用、(その 14) 火の粉の発生、飛散、着床に関して、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-2, pp. 287-314, 2012. 9
- 2) Suzuki S., Manzello S., Lage M. and Laing G.: Firebrand Generation Data Obtained from a Full-scale Structure Burn, International Journal of Wildland Fire 2012, CSIRO Publishing, 21, pp. 961-968, 2012. 7
- 3) 大宮喜文, 岩見達也：建物火災に伴う火の粉の飛散と飛び火に関する実態調査, 日本建築学会技術報告集, 第 9 号, pp. 133-136, 1999. 12
- 4) 篠原雅彦, 杉井完治, 細川直史：火の粉の性状が飛距離に及ぼす影響, 2010 年 1 月別府市強風下市街地火災の現地調査に基づいて, 消防研究所報告, 第 113 号, pp. 15-25, 2012. 9

[2013 年 10 月 13 日原稿受理 2013 年 12 月 12 日採用決定]