

# 火の粉による飛火の実験的解明

防火研究グループ 上席研究員 林 吉彦

## I はじめに

大地震直後には、周辺都市域で消防力を上回る数の火災が発生し、そのいくつかは市街地火災へと進展する可能性がある。市街地の防火性を高めることは喫緊の課題と言えるが、そのためには、市街地火災の延焼要因を工学的に解明することが急がれる。具体的な延焼要因として、接炎、放射熱、熱気流に加え、火の粉が挙げられる。市街地火災域から大量に舞い上がった火の粉は、特に強風下においては、遠方へ飛散し、新たな火災を引き起こす。着火箇所は、屋根、軒、開口、外壁などが多いが、屋根に関しては、大地震直後には瓦が脱落したり、ずれたりして、屋根を構成する木材が露出するため、着火の危険性が増すものと考えられる。

火の粉は跳躍的延焼を引き起こすものであり、その加害性を解明するにあたって、火の粉の発生、飛散、着床・着火と様々な段階を捉えなければならない。飛散に関しては、CFD (Computational Fluid Dynamics、数値流体力学) を用いた研究が行われてきたが、発生や着床・着火に関しては、実験施設や装置の制約から、それほど多くの研究は行われていない。着床・着火に関する既往の研究としては、屋根に着床する火の粉の代わりに置き火を用いたものがあるが、火の粉の加害性を实际的に解明するには、飛散する火の粉に曝された状況で実験を行う必要がある。

本研究では、火災風洞実験を行い、市街地火災で遠方に飛散する火の粉の再現を試みた。また、瓦が脱落した状態の屋根試験体を飛散火の粉に曝し、着火に至る条件を考察した。

## II 遠方に飛散する火の粉の再現

火災風洞内に火の粉発生装置 (図 1) を設置した。火災風洞内の風速は 0, 3, 9m/s とした<sup>注1)</sup> (各々 case1, 2, 3 とする)。各風速の下、火の粉発生装置から火の粉を発生させ<sup>注2)</sup>、飛散させた。予め床面に水を張ったアルミパンを敷き詰めておき、着床する火の粉を捕集した。なお、アルミパンは最大で 29 個 (主流方向) × 6 個 (横方向) 並べられた。

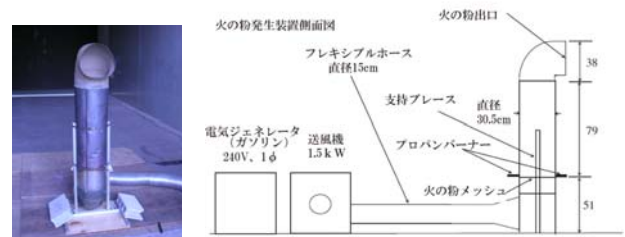


図 1 火の粉発生装置

火の粉の着床範囲は、火の粉発生装置の位置を基準に、主流方向に 2100mm (case1)、8925mm (case2)、15225mm (case3)、横方向に ±975mm (case1)、±650mm (case2)、±975mm (case3)。火の粉の着床範囲の開き角度は 8.4° (case2)、7.4° (case3) となる。実市街地火災では 10~30° 程度であり、風向の変化や地形で生じる乱れに影響されていると考えられる。

横方向に並べられた 6 個のアルミパンに堆積した火の粉をオープンで乾燥させ、無作為に 10 個を選定し、個々の質量を計測した。ただし、case3 では、2~5 行目の火の粉の形状にばらつきが大きかったため、1 行につき 50 個を選定し、処理した。個々の質量計測に加え、写真撮影を行い、画像処理を施し、投影面積を求めた。各行の質量の平均値を図 2 に、投影面積平均値との関係を図 3 に示す。

実際の市街地火災で飛火を引き起こした火の粉は 0.5cm 角程度の消し炭状のものが多くと言われている。質量と投影面積の関係から投影面積 0.25cm<sup>2</sup> は 0.005g に相当する (図 3)。飛散範囲と質量の関係から 0.005g は 12 行より後方に着床する (図 2)。

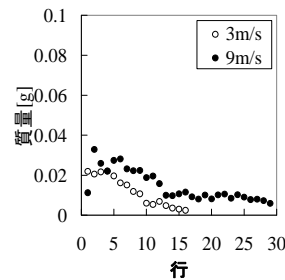


図 2 飛散範囲と質量

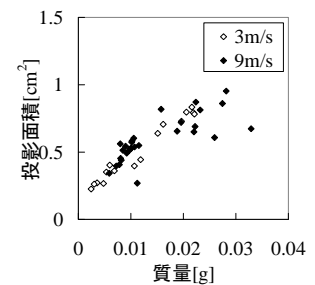


図 3 質量と投影面積

### III 飛散火の粉に曝された屋根試験体の着火条件の把握

0.005g の火の粉の着床までの飛跡を考慮して、2000mm～3820mm に屋根試験体を置くことにした (図 4)。

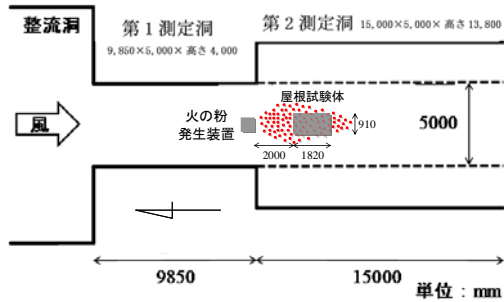


図 4 試験体配置図

野地板、瓦棧をオープンで十分に乾燥させておき、実験直前に屋根試験体を組み立てた。瓦を葺いた後、傾斜角 30° で上述した位置に設置した。試験体は屋根を切り出した状態なので、アルミテープで側面の隙間を被覆した。

瓦の脱落状況を変えて実験を行った (図 5)。また、風速は 3, 4.5, 6, 7.5, 9m/s とした<sup>注 1)</sup>。実験は夏から冬にかけて実施した。



(1) 5枚脱落 (2) 全脱落 (21枚脱落)

図 5 屋根試験体の瓦の脱落状況

#### (1) 風速の影響

図 6 に風速と焼損面積の関係を示す。風速 3m/s では、瓦の脱落枚数が増えるほど、焼損面積も広くなる。21枚脱落では 9.52m<sup>2</sup> と比較的大きい値を示すが、焼損は連担しておらず (図 7)、着火に至らなかった。

6m/s では、瓦の脱落枚数と焼損面積に関して 3m/s のときに見られた傾向が顕著に現われておらず、5枚脱落の方が 21枚脱落よりも焼損面積が広がる場合もある。ただし、唯一着火が確認されたのは 21枚脱落時である (図 6)。瓦棧付近に集積した火の粉が着火を招いている (図 8)。

9m/s では、5枚脱落の方が、全脱落 (21枚脱落) よりも焼損面積は明らかに広がっている。後者の場合、このような強風速下では火の粉の着床が困難になるものと思われる。

5枚脱落、21枚脱落いずれの場合も焼損面積は 6m/s のとき

をピークにしている。前述のように、21枚脱落で 9m/s の強風下では火の粉の着床が困難になるため、6m/s～9m/s の焼損面積の減少は著しい。ただし、火の粉の集積が連担しない状況でも、強風に煽られ、着火に至る場合がある (図 6)。

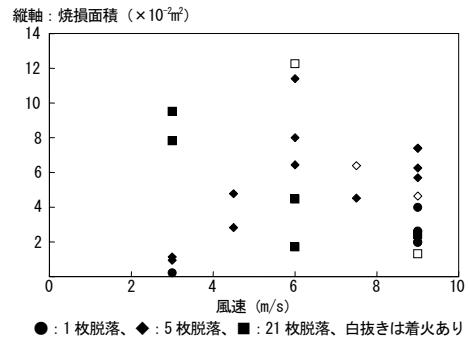


図 6 風速と焼損面積の関係



図 7 焼損 (3m/s) 図 8 集積した火の粉からの着火 (6m/s)

#### (2) 季節の影響

着火の可能性が高くなる 5枚以上脱落させた実験は夏季 3回、秋季 9回、冬季 9回実施した。瓦脱落状況と風速に関して同一条件下の実験結果を比較すると、全体的な焼損形状は類似しているが、焼損面積は冬場で比較的小さい。冬季は回数が多いこともあり、3回の着火が確認された。

#### (3) 湿度の影響

冬場で着火に至った 2回は相対湿度 90%以上であり、火災が低湿度で起こりやすいという一般的知見には当てはまっていない。今回の実験では、試験体部材を十分に乾燥させた状態でっており、そのような場合には、周辺の湿度の影響は大きくないことが考えられる。実際の市街地火災においては、被害部が周辺からの輻射熱や熱気流で予熱を受け、乾燥するので、当日の相対湿度の影響は小さいとも言われている。本実験結果はこれを裏付けるものとなった。

**脚注 注 1)**過去の大火では 10m/s 以上も多々観測されたが、火災風洞の制約上、最大風速を 9m/s とした。 **注 2)** 杉の角材をマルチチップパーで粉碎し、乾燥させ、2.1kg を火の粉発生装置内部に投入。投入材はプロパンバーナー (図 1) で燃やされ、送風機 (図 1) で火の粉として排出される。