

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 16 日現在

機関番号：82665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750128

研究課題名(和文) 都市構造を考慮した火の粉に対する建物の脆弱性に関する研究

研究課題名(英文) Development of Evaluation Methods for Firebrands Ignitions in Japan

研究代表者

鈴木 佐夜香 (Suzuki, Sayaka)

総務省消防庁消防大学校(消防研究センター)・その他部局等・その他

研究者番号：50714135

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：日本の都市構造に焦点を当て、日本の建物の火の粉に対する脆弱性を実験的に検討した。ベンチスケール実験装置の開発・建物から発生する火の粉に合わせた火の粉の開発とともに、文献調査の結果を元にウッドデッキを対象として火の粉発生装置を用いて実大実験とベンチスケール実験を行い、脆弱性を確認した。ウッドデッキを対象とした実験の結果、実大実験では風速8m/sでウッドデッキの隅に火の粉が堆積して着火する様子が確認できた。ベンチスケール実験では風速4m/sで同様の現象が再現できた。

研究成果の概要(英文)：Experimental research was performed to investigate the vulnerabilities of Japanese building construction to firebrands. Literature review showed that firebrands generated from structures may be bigger and lighter than the ones produced from then-firebrand generator and firebrand generator was modified to produce firebrands similar to the ones from structures. Full-scale and newly-developed bench-scale experiments were performed in order to investigate the vulnerabilities of wood decking assemblies. In full-scale experiments under 8 m/s, wood decking assemblies were accumulated and ignited at the corner, between decking boards. Similar ignition phenomena were observed in bench-scale experiments under 4 m/s.

研究分野：火災安全科学

キーワード：市街地火災 大規模火災 火の粉 着火

1. 研究開始当初の背景

屋外での大規模火災は世界中で問題になっている。日本ではその都市構造から主に都市火災が問題となり、アメリカ・ヨーロッパなどでは都市森林混合型火災が問題になっている。特にアメリカでは毎年カルフォルニア・テキサスなどで都市森林混合型火災が起り、大きな問題となっている。これまでの災害調査により大規模火災での火災拡大は「飛び火」が重要な役割を果たすことが示され、飛び火は火の粉が原因となって起こると知られている[1]。火の粉に関する研究は発生・移動・着火の三分野が考えられるが、これまでの飛び火に関する研究は火の粉の飛距離に焦点が置かれたものばかりであり、火の粉の発生・着火に着目したものはほとんどない[2]。実際に火の粉が降りかかった際にどのように着火するのか、また火の粉そのものがどのように発生するのか、ということを知ることが非常に重要である。

これまでの火の粉の着火に関する研究は林野火災・都市森林混合型火災に焦点を当てたものが多い。近年木造建築物が再び着目されるようになり国内でも火の粉の危険性が近年叫ばれてはいるものの、具体的な研究はいまだ少ない[3]。都市森林混合型火災の研究結果は日本の都市構造に応用できる部分も多いがと考えられるが、日本には特有の都市構造・建築方法があるため新たに検討を行う必要があると考える。特に建物が密集している都市構造のため、建物の火の粉への脆弱性に関してはその密閉性についても注目する必要があると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では「日本の都市構造の火の粉への脆弱性」に焦点を当て、実大実験・ベンチスケール実験の双方を行い、火の粉による飛び火現象の理解を深めることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は日本の都市構造に焦点を当て、日本の建物の火の粉に対する脆弱性を実験的に検討するものである。文献調査の結果を元に火の粉発生装置を用いて実大実験とベン

チスケール実験を行い、脆弱性を確認する。本研究は以下の段階に分かれる。

- (1) 文献調査により大規模火災における飛び火の被害、火の粉の発生の様子を確認する。
- (2) 文献調査の結果に合わせて火の粉発生装置から発生させる火の粉の大きさを変更(軽く、大きい火の粉)する。
- (3) ベンチスケール実験を可能とする実験装置のセットアップを行う。
- (4) 予備実験として文献調査によりこれまでの被害の多い屋根、近年人気のあるウッドデッキ、建物で一番多くの面を占める壁に対して実験を行い、本実験の対象を決定する。
- (5) 予備実験の結果を元に実験対象をウッドデッキと決定し、実大実験を実施し、ベンチスケール実験に必要なデータを確認する。
- (6) 実大実験結果を模擬できるようなベンチスケール実験をウッドデッキを対象として確立する。

4. 研究成果

(1) 過去の震災では火の粉による飛び火の被害が多く報告されている。近年その件数は減少しているものの、震災の際に風速が遅かったことから、「風速が早ければ」被害があったかもしれない点が指摘されている。また、近年においても木造家屋の火災では火の粉が発生しており、多くの目撃談が寄せられていることがわかった。また、火の粉の発生に関する文献調査も実施し、これまで使用している火の粉よりも単位投影面積当たりの質量の軽いものも発見されていることがわかった。

(2) (1)を踏まえ、これまでより軽く、大きい火の粉の作成に取り組んだ。既往の研究と比較し、発生させる火の粉の大きさを変更した(図1)。

(3) 消防研究センター・総合消火研究棟主実験場の直径4mの送風機を用いたベンチスケール実験装置を確立した(図2)。本実験装置を用いることで大規模実験を模したベンチスケール実験が可能となる。

(4) 文献調査の結果を元にベンチスケール実験装置で屋根・ウッドデッキ・壁を対象とした実験を行った。壁・屋根に関して

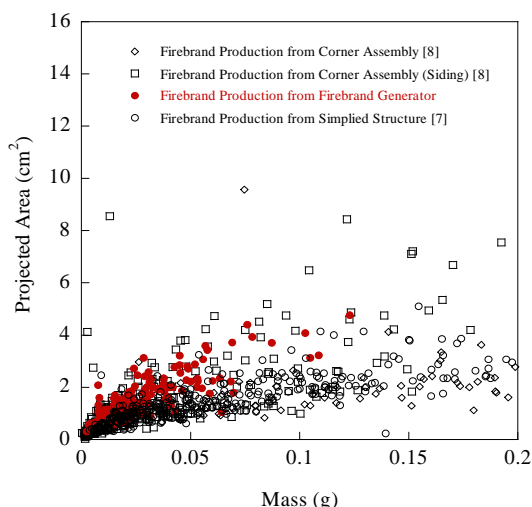


図 1 改良した火の粉の質量と投影面積の関係(図中[7] S. Suzuki et al, Fire Safety J. 63 (2014) 43- 51, [8] S. Suzuki, et al Proc. Combust. Inst. 34 (2013) 2479-2485.)

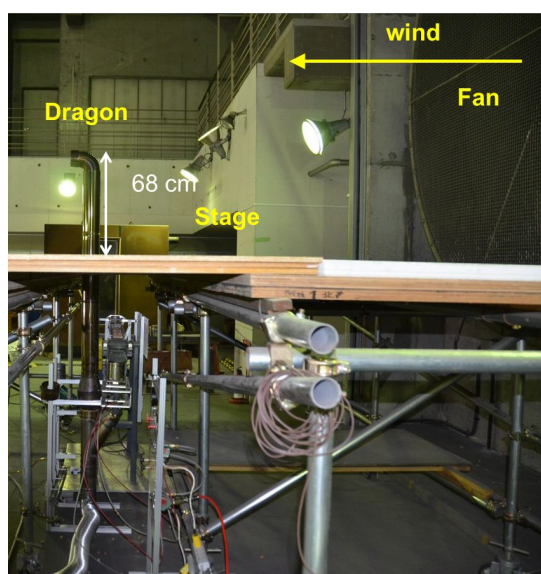


図 2 消防研究センター総合消火研究棟主実験場におけるベンチスケール実験装置

は 20 分の実験の結果着火することはなかったが、ウッドデッキが着火したことからウッドデッキを対象として (5) (6) の実験を行うことにした。(1) の文献調査を踏まえ、これまでの飛び火の発生状況と風洞の最大風速 (10m/s) より風速に関しては 8m/s を基準に実験を行うことに決定した。

(5) 実大実験では風速 8m/s におけるウッドデッキの着火メカニズムを検討した。

3 種類の木材に対して再現性を確認するため 2 回ずつ実験を行った。火の粉は角に堆積しやすく、6 実験中 5 実験において角で、1 実験ではウッドデッキのフロント部分で着火した。火の粉によるウッドデッキの有炎燃焼にかかった時間はビデオより測定された。1 実験に関して他の 5 実験と異なる箇所で着火したことから有炎燃焼にかかった時間で比較するのではなく、有炎燃焼に必要な火の粉の量で比較した。その結果実験を行ったウッドデッキの有炎燃焼に必要な火の粉の量は 10 グラム程度であり、木材の密度と有炎燃焼に必要な火の粉の量は正の相関関係があることが分かった。

(6) (5) を踏まえ、実大実験結果を模擬できるベンチスケール実験を確立した。ベンチスケール実験においてもウッドデッキの着火を確認することが出来たが、風速 4m/s の際に実大実験の 8m/s の場合と同様の集積が確認できた。着火に必要な火の粉の量に関しては実大実験結果と同様に、ウッドデッキ材の密度と正の関係があることがわかった。今後の検討課題として同様の実験方法が他の建築部位を対象とした実験にも活用できるのか確認することと、風速による影響を考慮する必要があると考えられる。

引用文献

Cohen, J.D., Stratton, J., Grass Valley Fire, Lake Arrowhead, CA, USDA Report R5-TP-026 b, 2008.

Koo E, Pagni PJ, Weise DR, Woycheese JP, International Journal of Wildland Fire 19 (2010) 818–843.

林吉彦他 木造3階建て学校の実大火災実験その14日本建築学会大会学術講演梗概集 (2012)

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

Suzuki, S. and Manzello, S. L.,
'Experiments to Prove the
Scientific-Basis for Laboratory
Standard Test Methods for Firebrand
Exposure', *Fire Safety Journal* 査読有
(online first) DOI:
[10.1016/j.firesaf.2017.03.055](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.055)

鈴木佐夜香, 総説: 火の粉による建物着
火に関する一連の研究, *日本火災学会論
文集*, 査読有 Vol. 67, No. 1 (2017)
pp.49-55.

Manzello, S.L., and Suzuki, S.,
'Generating Wind driven firebrand
showers characteristics of burning
structures', *Proceedings of
Combustion Institute*, 査読有 Vol. 36
(2017) pp. 3247-3252. DOI:
[10.1016/j.proci.2016.07.009](https://doi.org/10.1016/j.proci.2016.07.009)

〔学会発表〕(計6件)

Manzello, S.L., and Suzuki, S.,
'Understanding Structure Ignition
Vulnerabilities Using Reduced Size
Sections of Building Components', *54th
Japanese Combustion Symposium*,
Miyagi, Japan, 2016

Suzuki, S., and Manzello, S.L.,
'Experimental Investigation of
Decking Assemblies Attacked by
Firebrand Showers', *2016
International Fire Science and
Engineering (INTERFLAM)
Conference*, Nr Windsor, UK, 2016

Manzello, S.L., and Suzuki, S.,
'Firebrand Ignition in Large Outdoor
Fires: The Use of Full-scale
Experiments to Guide the
Development of Laboratory Test
Methods', *2016 International Fire
Science and Engineering
(INTERFLAM) Conference*, Nr
Windsor, UK, 2016

Suzuki, S., and Manzello, S.L.,
'Reduced-Scale Experimental Facility

to Characterize Firebrand Ignition',
53rd Japanese Combustion Symposium,
Ibaragi, Japan, 2015

Manzello, S.L., and Suzuki, S.,
'Towards Generating Wind-Driven
Firebrand Showers Characteristic of
Burning Structures', *53rd Japanese
Combustion Symposium*, Ibaragi,
Japan, 2015

Suzuki, S. 'Overview of NRIFD Fire
Research/Development of Evaluation
Methods for Firebrand Ignitions',
*Workshop for Fire-Structure
Interaction and Large Outdoor Fires:
Operation Tomodachi- Fire Research*,
Gaithersburg, USA, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 佐夜香 (SUZUKI Sayaka)

消防庁消防大学校消防研究センター技術研
究部大規模火災研究室 研究官

研究者番号: 50714135

(4) 研究協力者

マンツェロ サミュエル (MANZELLO
Samuel L.)

米国国立標準技術研究所