



火災旋風の発生と火炎高さ、旋回挙動に及ぼす横風高さの影響



1. 研究背景

火災旋風とは？…局地的に強風と甚大な被害をもたらす、火災に伴う旋風。火災拡大や人的被害を引き起こす。1923年に起きた関東大震災では4万弱の人々が、東京都墨田区陸軍被服廠跡にて火災旋風によって命を落としている(森田, 森, 2014)。火災旋風は、近い未来に発生すると想定される首都直下地震でも起こる可能性があると言われている。しかし、火災旋風の発生条件については未解明の点が多く、対策を練るのも困難なのが現状である。

わかっていること

- 火災旋風の発生には、火炎による強い上昇気流と周囲の風との相互作用が重要
- 火災旋風は横風が吹いている条件下での報告が非常に多い(消防庁消防研究センター, n.d.)

リサーチギャップ

- 火災旋風について、具体的な数値を用いた発生条件は広く検証されていない
- 特に、横風の性質(高さなど)に関する研究は少ない



(図1. 関東大震災による火災旋風を捉えた図。東京新聞)

研究目標

火災旋風の発生と横風の高さの関係を、具体的な数値を用いて検証する

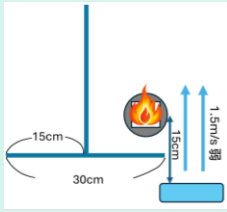
2. 研究方法

本研究では、室内での小規模燃焼実験によって実際の環境を再現し、火災旋風の発生条件について検討した。

火災旋風を小規模で再現する！

【実験手順】

- ポリカーボネート板でL字に仕切った区画内に、火源であるエタノールを入れたステンレス皿を設置する。炎を継続させることができるようステンレス皿には濃度99.5%のエタノールを5ml染み込ませたガーゼを入れる。



(図2. 実験用具の配置)

- 配置したステンレス皿に着火すると同時に、風源であるハンディファンを用いて垂直に風を当てる。
- 風源の高さを、3cmから17cmまで、1cm刻みで変化させていく。
- 炎のようすを撮影し、観察・記録

- 火災旋風の発生するかどうか
- 火災高さ
- その他に見られた炎の挙動、形状

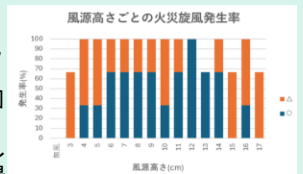


(図3. 実験のようす)

3. 結果・考察

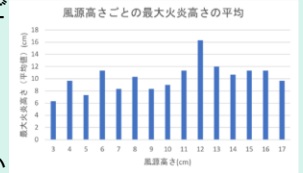
【結果】

無風条件では、すべての試行において火災旋風は確認されなかった。風源高さ6 cmから14 cmの範囲では、持続的な火災旋風(○とする)が複数回観察された。一方、風源高さが低い条件(3~5 cm)および高い条件(15 cm以上)では、旋風が発生しない、または一時的な発生(△とする)にとどまる場合が多かった。それらの結果をもとに、風源高さごとの平均発生率を表したのが図4のグラフである。



(図4. 風源の高さごとの火災旋風発生率)

また、それぞれの実験での火炎の最大高さを無風時の実験での最大高さと比較したものを図5で示す。図5を見ると火炎の最大の高さは12cm付近で最大となり、その後緩やかに低下しているとわかる。



(図5. 風源高さごとの最大火炎高さの平均)

旋風の形状は、およそ10cmを境にして横風の高さが低い場合には火炎は比較的広がりがながら、大きく太く渦を巻くようすが観察された。一方で、高い横風により発生した火災旋風においては、炎の勢いはやや失われ、高く、細長く伸び、緩やかに旋回する形状となる傾向があった。



(図6, 7. 左から横風高さ4cm, 12cmの際の旋風の様子)

【考察】

→火災旋風が発生しやすい横風の高さ範囲が存在する！

- 火炎の熱によって形成される上昇気流と、横風による回転流が最も効率よく作用しあい、安定した火災旋風が形成された？

4. 今後の展望

実験を通し、我々は実験結果から横風の高さと火災旋風の形成の有無や、高さは何らかの関係が見られるという結論を得た。

一方で、取得したデータには発生率の値にばらつきが見られ、13cm以降で傾向の不一致が確認された点など、結果の再現性や精度の面で不確実性が残る。原因として考えられるのは、試行回数の少なさ、また、実験が日を跨いで実施されたことによる周囲環境条件の変化である。改善するために、湿度や温度などの環境も考慮し、同じ条件でさらに多くの回数実験を重ねることで確実性を向上させたい。

また、今回の実験があまりにも小規模であるという問題点も指摘でき、実験装置には実際の自然環境の中で発生する旋風との相違が見られる。今後の展望としては、サイズの大きい実験器具を使用し、より広範囲での実験を実施することにより実際の自然条件に近づけたい。

また、いくつかの異なるスケールで実験を行うことで、複数の実験の規模における発生する旋風の高さについてのデータを収集する。その相関関係を見出すことができれば、実際に想定されるような大規模な旋風の、高さや影響の及ぶ範囲を予測することが可能となるため、それを長期的な目標として設定したいと考えている。

加えて、今回の研究目的とは異なる視点であるものの、実験からは横風の高さが旋風の形状に関与しているという新たな認識が得られた。今後は旋風の形状についても研究を深めたいと考え、我々が考察で述べた推測を仮説として検証したい。その際には、今回は目視による確認のみであった旋風の形状を、風速の計測などから数値化することでより科学的な実験、分析を実施したいと考えている。

参考文献
 消防庁消防大学校 消防研究センター (n.d.). 市街地火災時の「旋風」・「火災旋風」の現象解明をめざして. https://nriid.fdma.go.jp/research/seika/kamisutsu_toshi/senpu/index.html (閲覧日: 2025年8月15日).
 Goens, D. W. (1978年5月). FIRE WHIRLS (NOAA Technical Memorandum NWS WR-129).
 U.S. Department of Agriculture, Forest Service, NWAC Fire (n.d.). Fire Terminology. <https://www.fs.usda.gov/nwacfire/home/terminology.html> (閲覧日: 2026年12月28日)
 大西博之 著 名一徳 (2016). 「火災旋風近傍の流れに関する研究」『日本燃焼学会誌』, 58(185), 167-171.
 森田 一徳 (2019). 「火災旋風、火災高さ増大機構と大規模火災での発生条件」『日本燃焼学会誌』 61(196), 101-111.
 藤原智康 (2023年8月4日). 「発生条件、いまだ謎…「火災旋風」の発生」『関東大震災では110箇所以上発生』『東京新聞』, <https://www.tokyo-np.co.jp/article/267689>. (閲覧日: 2025年8月30日).
 大規模火災や爆発事故のメカニズムをよりよく理解するために—国際火災科学専攻 森田 一徳教授に聞く—. <https://dept.tus.ac.jp/st/souiki-journal/7050/> (閲覧日: 2026年12月29日)
 森田 一徳, 森田 一徳 (2014). 「電巻のふしぎ 地上最強の現象現象を探る」, 共立出版.
 U.S. Department of Agriculture, Forest Service Research & Development, Missoula Fire Sciences Laboratory Projects. (2024年10月31日).
 Fire Whirl Research. <https://research.fs.usda.gov/firewhirl/projects/firewhirl> (閲覧日: 2026年1月2日).
 Wang, Y., Zhou, K. (2023). Effect of Slope on the Frequency and Height of Fire Whirls. Fire, 6(5), 189.
 Ding, C., He, L., Yan, Z., Li, Y., Ma, S., Jiao, Y. (2023). Experimental Investigation on the Impact of Varying Air-Inlet Widths and Fuel Pan Diameters on Fire Whirls' Combustion Characteristics. Fire, 6(5), 309.
 Soma, S and Saito, K. (1991). Reconstruction of fire whirls using scale models. Combustion and Flame, 86(3), 269-284.