

宇都宮大学 学生員 河西 司
 宇都宮大学 正 員 池田 裕一
 宇都宮大学 F 員 須賀 堯三

1. はじめに

火災時には時に火災旋風と呼ばれる竜巻上の渦が発生し、それによって人的・物的被害を増大させることがある¹⁾。したがってその発生要因を知ることが出来れば防災対策にとって有用なものとする事ができる。過去の研究より、火災域周辺の風や火災による上昇流、火災域の形状が旋風の発生における重要なパラメータであることが知られているが²⁾ 十分な解明には至っておらず、さらなる追求が必要である。そこで本研究では、地表付近の気流性状を考える場合に重要であると思われる地表面粗度の影響を考え、境界層厚さが旋風の発生にどう関与するかを模型水路を用いて実験的に検討しようと試みた。

2. 実験装置及び実験方法

本研究では、火災による上昇流が接近風という流れ場における障害物としての効果を果たし、その後流にできる渦(Karman 渦)を火災旋風とみなし、実験を進めて行く。

実験装置は幅 50cm、高さ 50cm、長さ 8m のアクリル製水路を用い、図 1 に示したように火災域周辺の風(接近風)を水路の水の送水ポンプによる循環によって、火災による上昇流を水路床からの水の吹き出しによって再現した。また火災域の形状については、過去の事例から一般に火災旋風が起りやすいとされているコの字型の形状 ($b=5\text{ cm}$ 、 $L=5\text{ cm}$ 、 $d=0.5\text{ cm}$) を採用している。渦発生の様子は、流れに染料(ウォータールー)を散布することによって可視化・水中ビデオで撮影し、渦の発生形態の評価を行なった。

地表面粗度については、断面 $15\times 15\text{ mm}$ の角材を火災域の上流側に 10cm 間隔に貼り付けることで一様な底層領域を形成するように工夫した³⁾。実験条件は表 1 に示すように粗度がない状態(滑面)での実験を CS、粗面での実験を CR とし、各実験において接近流速 U と上昇流速 W を様々に変えて実験を行なった。また接近流速の鉛直方向成分を流速計により測定し、境界層の排除厚さ δ^* を求め、粗度が流れに及ぼす影響を定量的にとらえた。

表 1: 実験条件

SERIES	CS	CR
上昇流形状	コの字	コの字
栈高さ(cm)	なし	1.5
栈間隔(cm)	なし	10
U (cm/s)	3.62~7.86	3.62~7.86
W (cm/s)	6.0~39.3	6.0~39.3

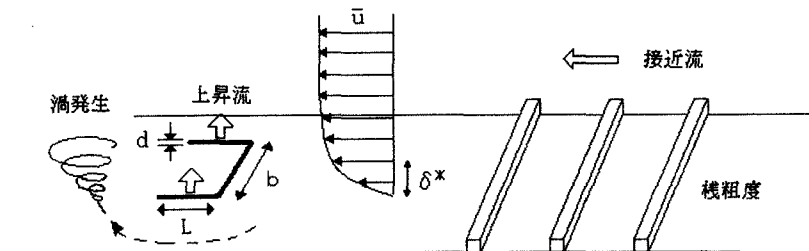


図 1: 渦発生概念図

Key Words : 火災旋風、接近風、地表境界層、流速分布

連絡先 : 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 TEL 028-689-6214 FAX 028-689-6230

3. 実験結果及び考察

(1) 接近流の平均流速分布

図2は粗面・滑面の同一流量における水路床からの高さ、各高さにおける流速 u の主流 U_∞ に対する比の関係を示したものである。この図より、滑面よりも粗面の方が水路床近傍の流速が遅くなっており、排除厚 δ^* が厚くなっていることが確かめられた。

(2) レイノルズ数による渦発生形態の相違

実験結果から、渦には上昇流の中に巻き込む巻き込み渦・上昇流から剥離し下流に移動する移動型渦・その両方が見られる巻き込み移動型渦の3種類のタイプが見られた。これらの渦はKarman渦がレイノルズ数によって発生形態を変える様子と似ており、また接近流速 U が上昇流速 W に対して強すぎると発生しないことから U と W の兼ね合いも関係してくる。そこで渦を分類するために、レイノルズ数($Re=Ub/\nu$, b :流れに対する上昇流の幅)と、接近流速 U の上昇流速 W に対する比 U/W の指標を用いた²⁾。図3に滑面での実験結果を示す。この図から、 W に対する U の増加と共に巻き込み渦のみ発生→巻き込み渦・移動型渦両方発生→移動型渦のみ発生→非発生と形態が変化している様子が見られる。またレイノルズ数の低下で U/W の値域の幅は狭くなり、渦が発生しにくくなっていることが分かる。

(3) 境界層厚さによる渦発生形態の相違

図4に示すように粗面では、滑面の分類図が Y 軸の正方向にシフトした様子が見られる。これは、接近流速が同じでも境界層が厚いほど水路床近傍で摩擦によって U が遅くなり、移動型渦が起きにくく巻き込み渦の発生範囲が広がったためと思われる。

4. まとめ

従来の研究から、上昇流と接近流の兼ね合い、火災域の形状、そしてレイノルズ数が火災旋風の発生に重要なパラメータである事が分かっており、本研究でもそれを確かめる事ができた。しかしそれだけでは発生要因として不十分な点も存在したため、今回新たに地表粗度による境界層というパラメータに着目し、実験から境界層厚の変化も旋風の発生に重要であることが分かった。今後さらに数種の境界層のもと実験を行ない、より定量的に現象を検討して行くことが必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 山下 邦博：火災旋風，火災，第24巻，pp.243～258，1974
- 2) 西 健之：接近風がある場合の火災旋風の発生に関する基礎的研究，第27回 関東支部技術研究発表会 講演概要集，pp.290～291，1999
- 3) 石原 藤次郎：水工水理学，丸善，pp.243～248，1972

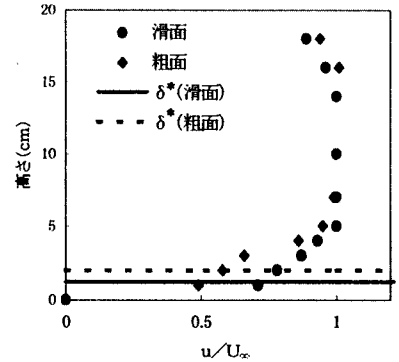


図2：接近流による平均流速分布($U=6.66$)

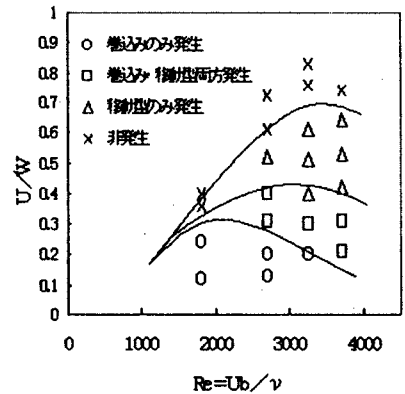


図3：渦発生形態の分類図 (滑面)

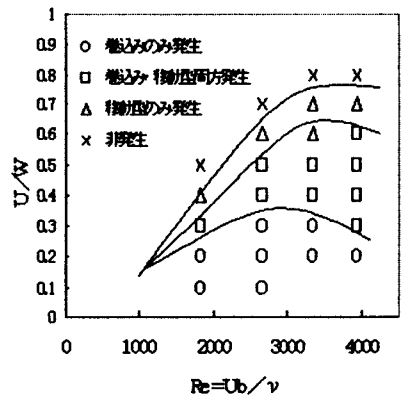


図4：渦発生形態の分類図 (粗面)