

宇都宮大学 学生会員 西 健之
正会員 池田 裕一
フェロー会員 須賀 堯三

1. はじめに

これまでの火災旋風の事例としては、わが国では関東大震災の被服廠跡の惨事、和歌山市空爆火災、外国では第二次大戦中のハンブルグ都市火災、米国北西太平洋岸やアリゾナ州などの森林火災などが挙げられる。こうした多くの事例があるにも関わらず、その発生要因の明確な説明はなされていない。そこで本研究では、火災の形状、火災域周辺の風、炎（熱）、上昇流、境界層の有無など、火災を構成する要素に着目し、これらが火災旋風の発生にどのような流体力学的な影響を及ぼすのかを実験的に検討する。

2. 研究の概要

本研究は実際の火災を水で再現し、その現象を流体力学の観点から検討する。火災は、その熱による周囲との密度差のために上昇流（ブルーム）が発生する。よって、火災は上昇流で、接近風は水の流れで再現した。

また、今回の実験では上昇流が障害物の役割を果し、火災旋風はその後方にできる渦、つまりカルマン渦であるという仮定のもとに、実際の障害物と比較し、検討する。

3. 実験装置および方法

実験には、長さ8m、幅50cm、高さ50cmの亚克力製直線水路を用いた。上昇流は実験用水槽とは別の水槽からポンプによって水を送水させて作り出した。

火災域周辺の流れ（接近流）は送水ポンプにより水を循環させることで作り出した。

上昇流及び接近流の流量については、送水の途中にピエゾ計を取りつけ、水頭差と流量との実験式を導いた。

流れの様子はウォーターブルーを流れに注入することで可視化し、ビデオに撮影して観察した（図1）。

上昇流の形状は、幅5mm、大きき5×5cmのコの字型（図2）にした。このコ字型という形状は、被服廠跡での火災がコ字型であり、この形が一般に火災旋風の起きやすい形だと言われている事を参考にして決めた。

各実験 CASE の実験条件を表1に示す。

表1 実験条件

	平均上昇流速 (cm^2/s)	平均接近流速 (cm^2/s)	水深 (cm)
CASE1	44.1	8.3	20
CASE2	20.2	8.3	20
CASE3	20.2	3.9	20
CASE4		8.3	20

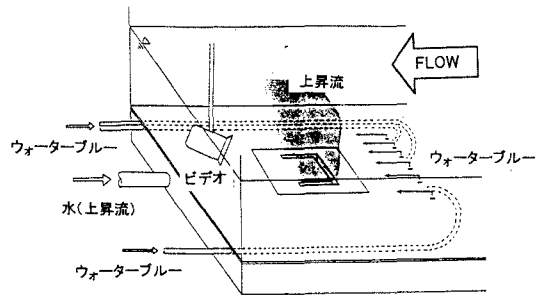


図1 実験装置と可視化の様子

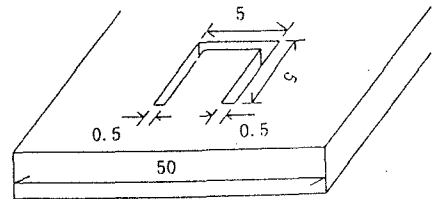


図2 上昇流の形状 (cm)

キーワード：火災旋風、カルマン渦、ブルーム、噴流

連絡先：〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部 Tel 028-689-6214

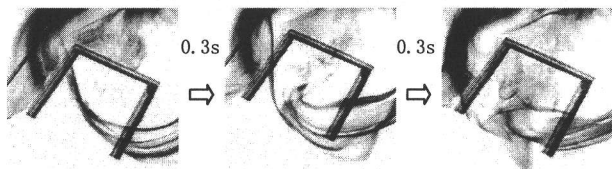


図1 CASE1 巻き込み渦発生状況

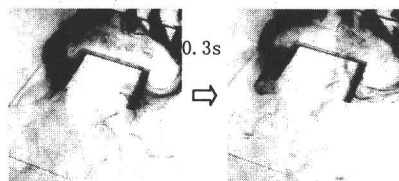


図2 CASE2 巻き込み渦非発生状況



図3 CASE3 巻き込み渦発生状況

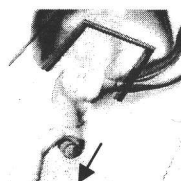


図5 CASE1 移動型渦発生状況

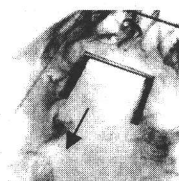
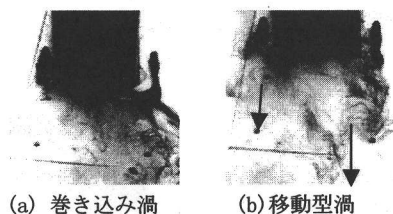


図6 CASE2 移動型渦発生状況



(a) 巻き込み渦 (b) 移動型渦

図4 CASE4 渦発生状況

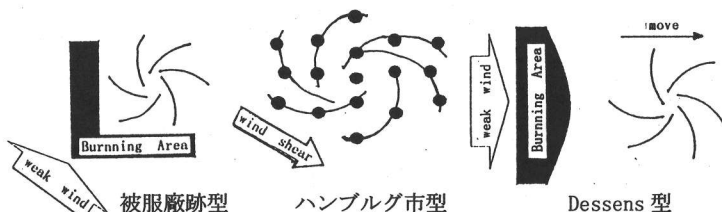


図7 火災旋風の類型

4. 実験結果および考察

上に各CASEの実験結果を示す。結果より、上昇流の中に巻き込む巻き込み渦（図1，3）がCASE1，3の場合には発生しているが、CASE2の場合には発生していない（図2）。また、CASE1，2には上昇流の下流に回転しながら流下していく移動型渦（図5，6）が確認できた。これは、上昇流と接近流との組み合わせにより渦の発生形態が変化することを示している。また、この渦の発生形態はCASE4の障害物の場合にも同様に発生しており（図4）、上昇流が障害物の役割を果たしていることを示している。

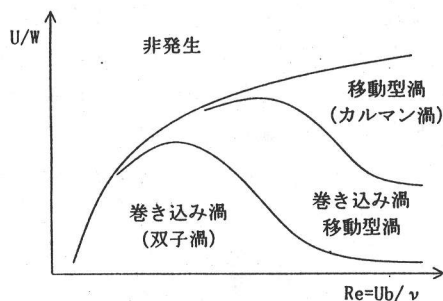
こうした渦の発生、非発生には上昇流や接近流の流況の変化が大きく関与していると思われる。つまり、上昇流、接近流の強さの変化により、巻き込み渦のみ発生、両方発生、移動型渦のみ発生と形態を変えるのである。これは、障害物後流にできる渦がレイノルズ数の範囲によって双子渦やカルマン渦に変化することと酷似している。また、上昇流に対し接近流が非常に大きい場合は上昇流が地面をはって有効な障壁となり得ないのでなにも発生しない。そこで、この概念を無次元数 U/W （ U ：接近流速， W ：上昇流速）とレイノルズ数 $Re (=U \cdot b / \nu)$ で模式的に示したものを図8に示す。

5. おわりに

火災旋風には図7のような三つのタイプがあると言われており、今回の巻き込み渦が被服廠型に、移動型渦がDessens型に対応していると思われる。つまり、この二タイプは障害物後流にできる渦がレイノルズ数の範囲により双子渦とカルマン渦に分けられたものと同類であることを今回の実験で明らかにすることができたのである。

<参考文献>

- 1) 山下 邦博：火災旋風，防災対策資料



b：流れに対する上昇流の幅

図8 渦発生形態の分類