

モデル実験における竜巻の形成条件

埼玉県立春日部高等学校 白石 啓(3年)

はじめに

文化祭やサイエンス教室などの行事で、アクリルパイプを用いた竜巻のモデル実験を行ったが、竜巻がうまくできるときとできないときがあった。そこで、竜巻の形成にどのような条件が作用しているのか明らかにすることを目的に研究を始めた。ここでは、渦が縦に引き伸ばされて収斂した状態を竜巻とする。

仮説

新野(2008)によると水平シア流の不安定が竜巻をつくる要因になっている。そのため、パイプ内の水平シア流の状態によって竜巻のでき方が変わると考えた。

実験1 水平シアと竜巻の形成の関係を調べる

(1) 実験方法

① 水平シア流の条件を調べるため、4種類の形の吸い込み口をつくった土台を用意する(図1)。



図1. 4種類の土台の形

② 土台の上にアクリルパイプをのせる。パイプの形状は直径25cm高さ103cmの円筒パイプを使う。

③ パイプの上に送風機を設置し、パイプ内の空気をそれぞれ一定速度で吸い上げ、竜巻ができるか調べる。

(2) 実験結果

それぞれの土台で竜巻ができたかどうかを次の表に示す。

土台	二方向型	四方向型	一方向型	十字型
竜巻の発生	○	○	渦のみ	×

表1. 土台の形と竜巻の発生

水平シア流ができる二方向型と四方向型でのみ竜巻ができ、一方向型ではパイプの壁面に沿う渦のみができた。

(3) 考察

水平シア流があるとき竜巻ができる。しかし、一方向型で渦ができたことから、竜巻ができるのはパイプの形状が円筒だからなのではないかと考えた。そこで、実験2を行った。

実験2 パイプの形状と竜巻の形成の関係を調べる

(1) 実験方法

実験1の条件をパイプの形状だけ変えて、結果を比較する。パイプは円筒パイプの代わりに底面が25cm×25cm、高さ100cmの四角筒アクリルパイプを使用する。

(2) 実験結果

それぞれの土台で竜巻ができたかどうかを次の表に示す。

土台	二方向型	四方向型	一方向型	十字型
竜巻の発生	渦のみ	渦のみ	×	×

表2. 四角筒パイプのときの土台の形と竜巻の発生

水平シア流ができる二方向型と四方向型ではパイプの下方で渦のみでき、他の土台では白煙は真っ直ぐ上昇した。

(3) 考察

四角筒パイプでは竜巻ができなかったことから水平シア流は渦を作る条件であると考えた。今回竜巻ができなかったのは、渦がパイプの上方まで保たれなかったからだと考えた。そこで、実験3を行った。

実験3 風速と竜巻の形成の関係を調べる

(1) 実験方法

実験1、2の条件を送風機の風速だけ変えて、結果を比較する。風速を大きくし、竜巻ができるか調べる。

(2) 実験結果

それぞれの場合で竜巻ができたかどうかを次の表に示す。

土台	二方向型	四方向型	一方向型	十字型
円筒パイプ	○	○	渦のみ	×
四角筒パイプ	渦のみ	○	×	×

表3. 風速を大きくしたときの竜巻の発生

円筒パイプのときは実験1と変わらなかった。四角筒パイプでは四方向型でのみ竜巻が発生した。

(3) 考察

風速を大きくしたとき四角筒パイプの四方向型でのみ竜巻ができるようになった。これは、四方向型のほうが吸い込み口が多く、渦を保ちやすいからだと考えた。どのくらい風速があれば竜巻になるのか調べるため、実験4を行った。

実験4 竜巻ができるときの渦の風速を調べる

(1) 実験方法

① 実験1で最も竜巻ができやすかった四方向型の土台、円筒パイプ、四角筒パイプを用意する。風速計は電熱線式風速計(佐藤商事、AM-14SD)を使用する。

② パイプ内の風速の変化を調べるため、それぞれのパイプに高さ10cmごとに穴を開け、下から①～⑩と番号をつける。また、同じ高さでもパイプの中心からの距離で風速は変わると考えたので、パイプの内壁付近(A)から中心部付近(C)、そしてAとCの中間(B)の3カ所で風速を測定する。

③ 送風機の風速を3.5m/s～5.5m/sの範囲で0.5m/s間隔で変え、竜巻ができるかどうかと、その時の渦の風速を調べる。

(2) 実験結果

竜巻の形成と送風機の風速の関係を次の表に示す。

送風機の風速	3.5m/s	4.0m/s	4.5m/s	5.0m/s	5.5m/s
円筒パイプ	×	○	○	○	○
四角筒パイプ	×	一時的に○	○	○	○

表4. 竜巻ができたときの送風機の風速

また、この時の渦の風速は下のグラフのようになった。(横軸は測定した高さの番号)

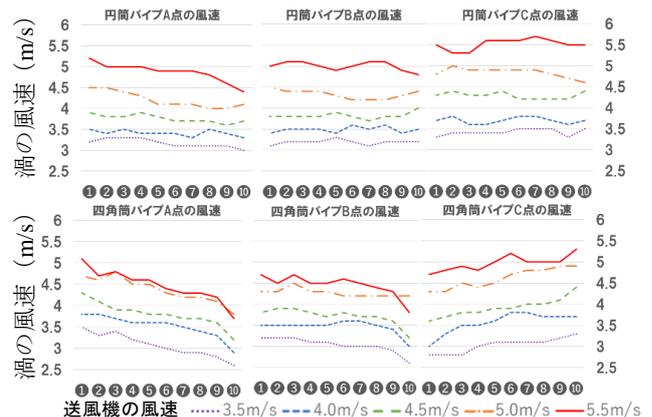


図1. 測定点の渦の風速

四角筒パイプで送風機の風速が4.0m/sのとき、竜巻が一瞬だけでき、消えてしまった。また、竜巻ができた時、竜巻はパイプの中心付近にできた。

グラフから、竜巻が完全にできた時のC点の風速は、どの高さでも3.5m/sを超えていることがわかる。

(3) 考察

結果より、四角筒パイプで送風機の風速が4.0m/sのときが、竜巻ができる場合とできない場合の境界であると考えられる。また、この時のC点の風速は下部で3.5m/sを下回っている。

このことから、C点の風速がどの高さでも3.5m/sを超えていることは、C点は竜巻が形成される位置であるので、渦が収斂したことを意味していると考えた。

結論

竜巻ができるためには、水平シアによって渦が作られ、その渦がパイプの中心付近で3.5m/s以上になることが必要である。

参考文献

1) 新野 宏, 2008: 竜巻発生メカニズム, 日本風工学会誌 第33巻(第2号), 91-94