

傾斜サーマルの流速ベクトルと流下特性に関する実験的検討

水工学研究室 榎本真人

指導教官 福嶋祐介

1. はじめに

傾斜サーマルは密度流の一種であり、二種類の流体の密度の差が起因となり斜面方向に流動する運動であり、自然において、あるいは人工的に頻繁に発生する。湖や貯水池で観察される泥水流や厳冬期山岳地帯で発生する煙型雪崩や火山活動に伴う火砕流などはその代表例である。傾斜サーマルには、流下に伴い渦運動を伴うため複雑な流動形状を示し、今だ十分な解明が成されていない。

そこで、本研究では、保存性傾斜サーマルについて実験を行い、流下特性・流動特性がどのように変化するか実験的に調べ、理論的に検討を行う。実験においては、周囲の液体には淡水を用い、流入流体にはプラスチック粒子を混ぜ可視化させた塩水を用いて、傾斜サーマルを再現し、流下速度と最大厚さの測定を行う。また傾斜サーマルの内部構造を画像解析により流速ベクトルを表し、明らかにする。

2. 実験装置及び実験方法

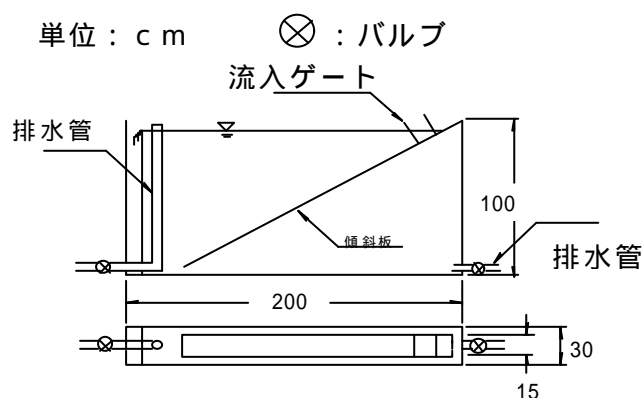


図1 実験装置

実験装置は、図1に示すように水路長200cm、高さ100cm、水路幅30cmの矩形アクリル製水槽に幅15cmのアクリル板を30°に固定したものをを用いた。

塩水の流入装置は、引き上げゲート式のボックスであり、これを水路先端に設置し、瞬間的にゲートを引き上げることで塩水を淡水中に流入させるよう

な方法を採用した。このときボックス内には、プラスチック粒子で可視化した所要の濃度の塩水を1リットル用意して実験を行った。本研究では、塩水の濃度を1%、3%、5%の3種類について実験を行った。

3. 実験結果

流下速度の流下方向の変化を図2に示す。図より流入塩水の初期濃度が増加するにつれ、流下速度が増加することがわかった。これは、初期濃度が増加すると傾斜サーマルの重量が増加するため、流下速度が増加すると考えられる。

最大厚さの流下方向の変化を図3に示す。最大厚さについては、初期濃度が増加しても最大厚さの特性はあまり変化しないことがわかった。また、流下方向に対しほぼ一次関数的に増加することがわかった。

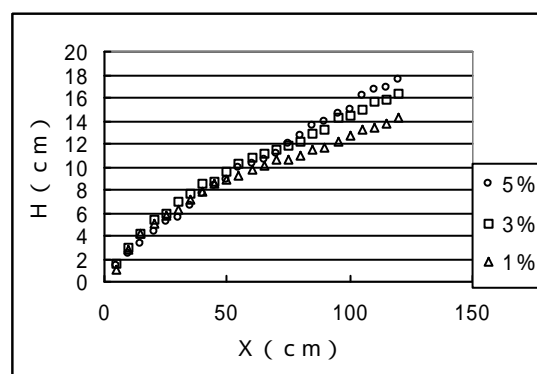


図2 流下方向に対する流下速度の変化

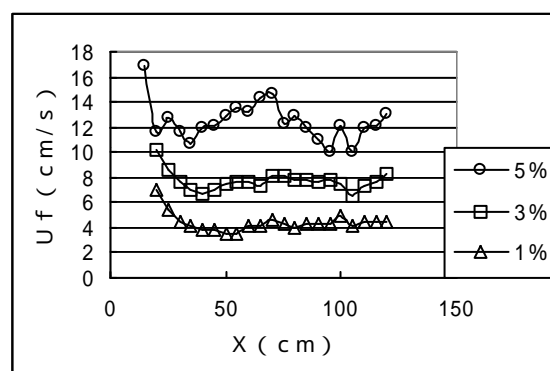


図3 流下方向に対する最大厚さの変化

4. 理論的検討

理論的検討としては、本実験で得られた結果を用いた保存性傾斜サーマルの数値解析を行い、実験値と比較してその妥当性を検討した。数値計算では、保存性傾斜サーマルに対して連行係数 α と抗力係数 C_D をパラメーターとして、流下速度・最大厚さの流下方向変化を求め、実験値との比較を行った。

を 0.3~0.6 まで 0.1 刻みで変化させ数値計算を行った。結果を図 4 に示す。実験値と比較すると、すべての初期濃度において、ほぼ α を 0.5 とすることで実験値と一致することがわかる。

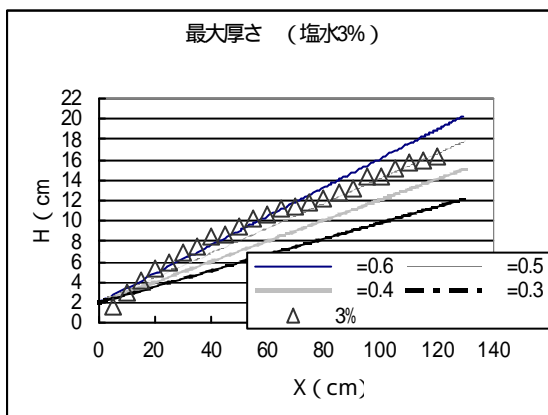


図 4 計算結果と実験値との比較

次に、 α による比較で得られた 0.5 を α に用いて抗力係数 C_D を 0.0 から 1.0 まで 0.2 刻みで変化させて計算を行った。その結果を図 5 に示す。

実験値との比較を見ると、 C_D が 0.4~0.8 の計算値と一致している。

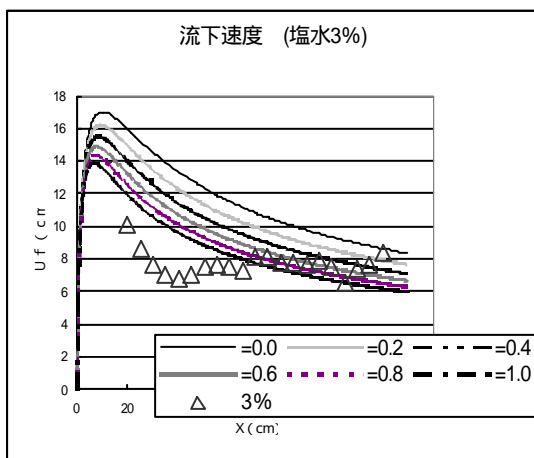


図 5 計算結果と実験値との比較

5. 流速ベクトルの算出

流速ベクトルの算出によりサーマルは、フロント部の巻き上がり、後部の巻き込み、そして底面の流下方向ベクトルと大きくわけ 3 つのベクトルがある。また、初期濃度が大きいほうが激しい渦運動がみられ、また、流下距離が進むにつれ複雑な渦運動を示した。図 6 はサーマルの内部運動の概略図である。

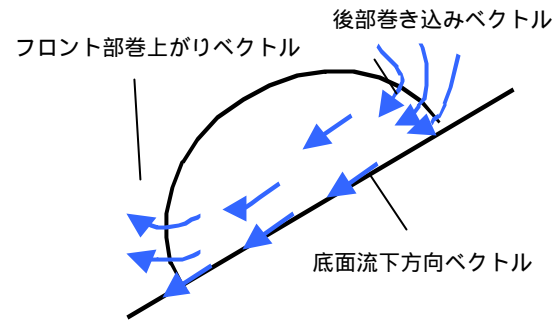


図 6 サーマルの内部運動

6. 結論

流下速度

流入塩水の初期濃度が増加するにつれ、流下速度が増加することがわかった。

最大厚さ

初期濃度が増加しても最大厚さの特性はあまり変化しないことがわかった。また、流下方向に対しほぼ一次関数的に増加することがわかった。

数値解析

α を 0.5, C_D を 0.4~0.8 とすることで解析結果は実験結果を良好に再現できることがわかった。

内部特性

傾斜サーマルにおける速度ベクトルとして巻き上がりベクトル、巻き込みベクトル、底面ベクトル 3 つのベクトルが確認できる。

流下距離が進むにつれ流速ベクトルは複雑な渦運動を示す。

7. 参考文献

- 1) 福嶋祐介, 鍵山恒臣, 1992、火砕流の流体力学モデルによる解析 - 雲仙・普賢岳への適用、火山, 第 37 巻, 第 4 号, pp. 159 - 166 .
- 2) 福嶋祐介, 早川典生, 近藤敏, 1995、粉雪雪崩の模擬実験 - 保存性及び非保存性傾斜サーマルの流動特性, 長岡技術科学大学研究報告, 第 17 号, pp. 66 - 74