

鴻巣組 正会員 ○藤本知久
長岡技術科学大学 正会員 福嶋祐介
長岡技術科学大学 正会員 早川典生

1. はじめに 傾斜面上に周囲水より密度の大きな流体が放出されると、下層密度流を形成し流下する。供給源が連続的な下層密度流のフロントの流動機構については、近年多くの研究がありその特性はかなり明らかにされてきた。しかし、供給源が不連続な下層密度流のフロントの流動機構についてこの研究は少ない。本研究は、供給源が時間的に変化する下層密度流の代表例として、傾斜面上のサーマルの流動特性を明らかにすることを目的として行った。

2. 実験の概要 実験装置は図1に示す。長さ380cm、高さ40cm、幅15cmのアクリル製開水路である。水路の上流端にゲートを設け、ゲートの上流側に周囲水の密度 ρ_1 より重い密度 ρ_2 の塩水を貯め、ゲートを引抜くことにより傾斜サーマルを発生させる。実験は、初期体積 V_0 、初期濃度 C_0 、水路床勾配 i を変化させて行なった。実験条件を表1に示す。測定項目は、フロントの位置 x 、フロントの波速 U_f 、フロントの波高 H_{max} 、流速分布、密度分布である。

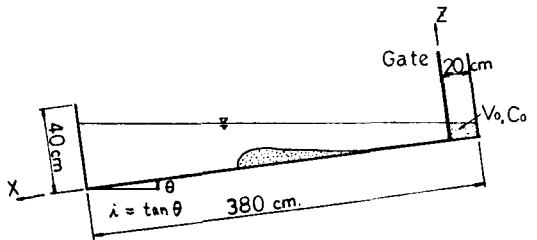


図1 実験装置

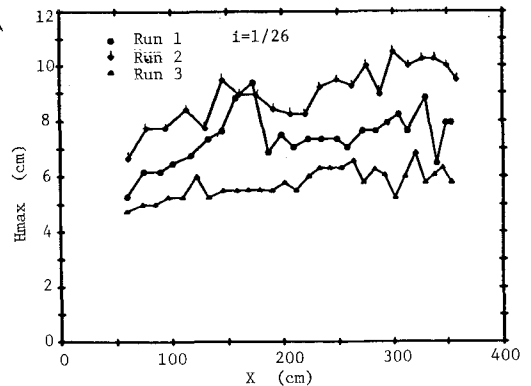


図2 フロントの波高の流下距離変化(1)

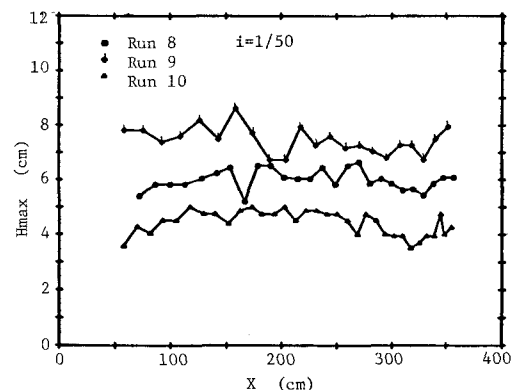


図3 フロントの波高の流下距離変化(2)

3. 結果および考察 図2、図3は、それぞれ水路床勾配が $i=1/26$ と $i=1/50$ の場合のフロントの波高を流下距離 X に対して示したものである。 $i=1/26$ では、測定した範囲で波高は増加してゆくが、 $i=1/50$ では、 $X=150$ cm位まで増加したのち減少する。 $i=1/26$ の場合もさらに X が大きくなれば波高が減少する減衰領域があると考えられる。

図4、図5は、 $i=1/26$ と $i=1/50$ のフロントの波速を流下距離に対して示したものである。 $i=1/26$ の場合をみると、波速は $X=30$ cmまで急激に減少したのち、再び大きくなり極値をもったのち、緩やかに減少してゆく。 $i=1/50$ では、著しい減速はなく、加速領域も小さい。当然のことながら、塩水の初期体積が多く、初期濃度が大きいほうが、フロントの波速は大きくなる。

表1 実験条件

Run No	V_0 (l)	C_0 (%)	i	Run No	V_0 (l)	C_0 (%)	i
1	3	3	1/26	8	3	3	1/50
2	4	3		9	4	3	
3	2	3		10	2	3	
4	3	2		11	3	2	
5	3	1		12	3	1	

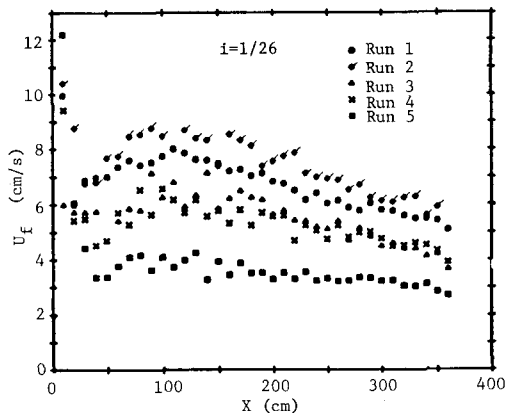


図4 フロントの波速の流下距離変化(1)

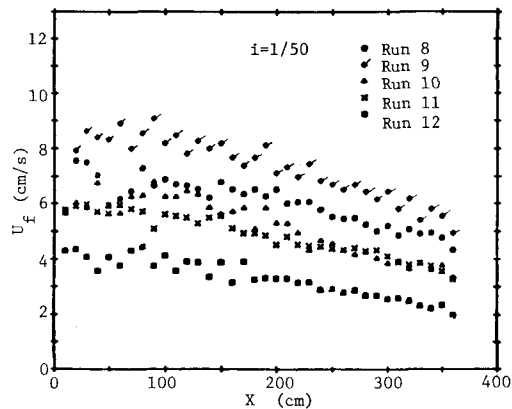


図5 フロントの波速の流下距離変化(2)

流速分布、密度分布の測定結果については、講演時に述べる。

4. 次元解析 ゲートを引抜いた直後のサーマルの流動特性には、慣性力と有効重力とが強く影響していると考えられる。そこで、この慣性領域に対して次元解析を行い、実験結果の説明を試みる。

既知の物理量として、単位幅あたりの流入体積 $A_0 (=V_0/B)$ 、密度差による有効重力の斜面方向成分 $\varepsilon_0 g i$ 、時間 t をとる。傾斜サーマルの特性をあらわす物理量として、サーマルの進入長 l 、フロント部の平均相対密度差 ε をとる。図6は、フロントの相対密度差と流入前の塩水の相対密度差 ε_0 の比を縦軸に、横軸に次元解析により決まる無次元時間をとった両対数グラフである。実験値には水路床勾配による系統的な差は見出されず、次式で示す実線に近似できる。

$$\varepsilon/\varepsilon_0 = 0.65 [(\varepsilon_0 g i)^2 / A_0]^{1/4} t^{-0.4} \quad (1)$$

図7は、サーマルの進入長を無次元化し、無次元時間に対して示したものである。実験値は、勾配ごとに系統的に変化しているので、実験式の係数に i の影響も含めると次式のようなになる。

$$l/\sqrt{A_0} = 0.87 i^{-0.4} [(\varepsilon_0 g i)^2 / A_0]^{1/4} t^{0.83} \quad (2)$$

式(2)で i の指数をきとめると 0.015 となり、進入長の時間変化、つまりフロントの波速に対しては、水路床勾配の影響が小さいことがわかる。

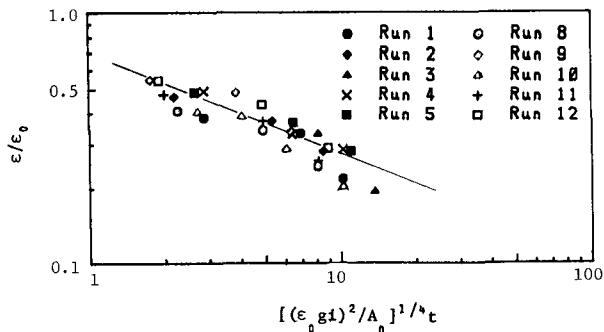


図6 フロントの相対密度差の時間変化

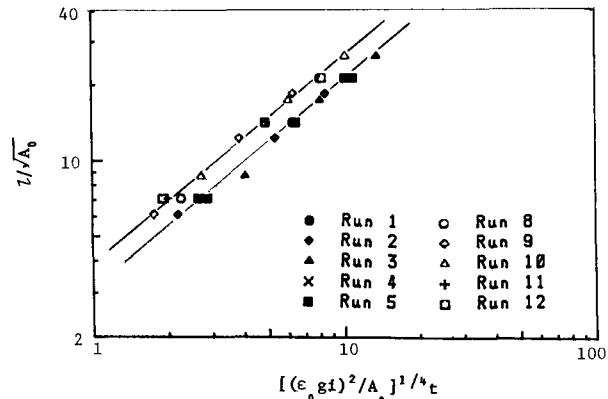


図7 サーマルの進入長の時間変化