

水門の開閉による塩水遡上に関する実験的研究

鳥取大学大学院工学研究科	正会員	黒岩正光
鳥取大学大学院工学研究科	正会員	松原雄平
鳥取大学大学院工学研究科	学生会員	田中宏和
株式会社ヒロセ	非会員	仲川裕美子
中央復建コンサルタンツ(株)	非会員	岡本壮平
近畿大学理工学部	正会員	竹原幸生
近畿大学大学院	学生会員	大村麻雄

1. はじめに

湖山池は、夏期には無風状態が続くと水温差による密度成層が形成し、冬期には塩分差による密度成層が形成され、それに伴い下層水の水質が悪化する現象が観測されている。これらの現状を踏まえ、適切な水門操作を行い、水域周辺の環境を適切に保つことが重要となっている。前報¹⁾において、鉛直2次元多層数値モデルを用いて水門開度による塩水遡上の数値計算を行ったが、その妥当性については検討されていない。そこで、本研究では、水門を設置した二次元水槽を用いて、水門の開度を変化させたとき、海水と淡水の水位差を変化させたとき、水門の開速度を変化させたときの水門付近における流動特性を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

実験は、図-1に示す幅5cmの透明アクリル製小型二次元水槽を用いて、超微粒子によるPIV実験(実験)および着色水を用いた可視化実験(実験)の2通り行った。水槽の一端には勾配1:10の斜面が設置されてお

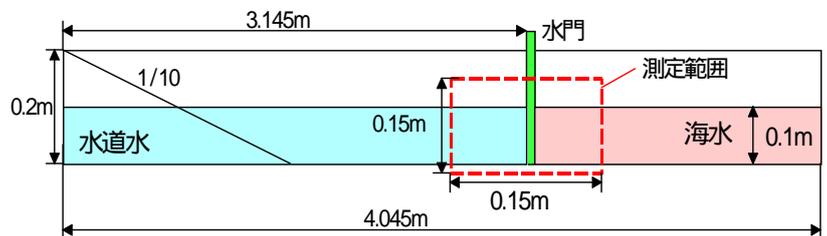


図-1 実験水槽の概要

れており、そこから3.145mの位置に水門模型を設置した。水槽内の水門を挟み、斜面側に水道水、反対側に海水を10cmの深さまで入れた。実験 では、水中に密度 1.0g/cm^3 以下の超微粒子を用いてPIV法を用いて水門付近の流速分布を調べた。実験 は、ビデオ撮影及び目視観察のために色素を混ぜた海水を入れ、その先端が、水門から30cm進むのに何秒かかるかをストップウォッチで計り、塩水塊の淡水域への浸入速度を調べた。実験条件を表-1に示す。

表-1 実験条件

3. 実験結果および考察

1) 実験 I (PIV法)

a) 水門開度の影響

図-2(a)~(d)はCase1(水門開度の変化)のPIVによる測定結果の一例で、水門が開いたときの流

水門開度変化 (水層底より)	case1-1 3cm	case1-2 5cm	case1-3 7cm	case1-4 10cm
海水と水道水の水位差を与えた (水門開度5cm, 水道水側10cm)	case2-1 海水側+2cm		case2-2 海水側-2cm	
水門の開速度変化 (水門開度5cm)	case3-1 case1,2と比べ比較的ゆっくり			

速分布である。各ケースとも水門を開き始めた瞬間に、海水が水道水の下に移動し始め、小さい渦のような流れが生じ、海水が水道水の下に潜り込んだまま層が発生したことが確認された。図-2から、水門開度が大きくなるにつれて、水門下直前の侵入速度は大きくなることわかる。図-3は、水門が開き終わるまでの、水門から1cm海水側で底面から2cmの位置における流速の時間的変化を示したものである。明らかに水門開度が小さいほど発生する流速は小さく、時間の経過とともに流速は徐々に大きくなっている。一方、10cmの全開の場合は、急激に流速が大きくなり、その後、時間的に複雑な変動をしていることがわかる。

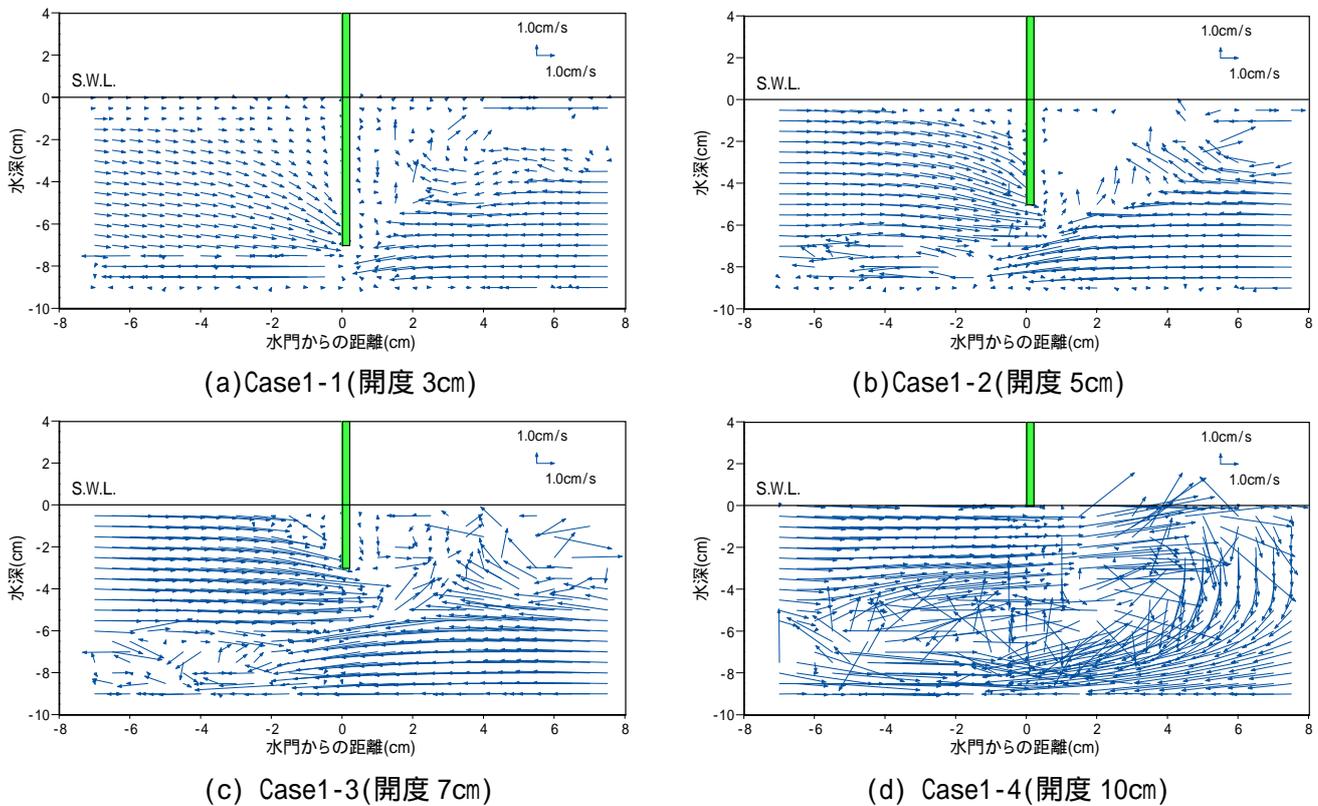


図-2 PIV法による流速測定結果

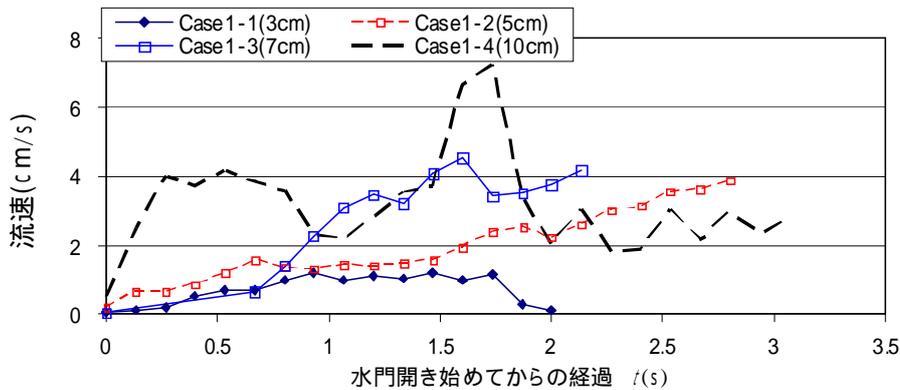
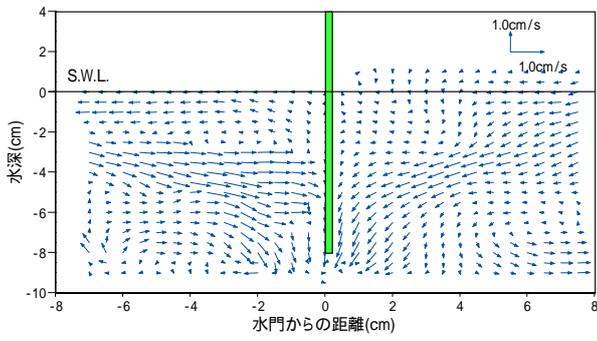


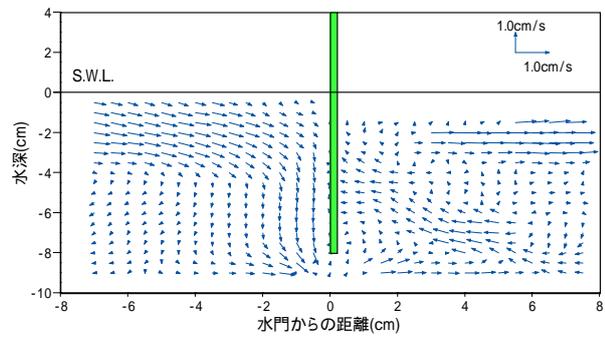
図-3 水門から海水側 1cm, 底面から 2cm の位置における流速の時間的变化

b) 水位の影響

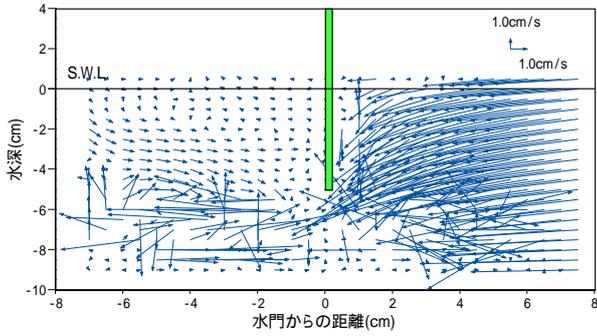
つぎに、水門の前後の水位の差による影響を調べた。図-4 は淡水側の水深 (10cm) を基準として、海水側の初期水位を+2cm (初期水深 12cm) として行った結果である。水門の開度は Case1-2 と同じ 5cm とした。図-5 は海水側の初期水位を-2cm (初期水深 8cm) として行った結果である。図-4 の結果から、水門の開け始め直後から海水側から淡水側へ流れが発生している。水門を 5cm 開けた後は Case1-2 と同様に、海水と淡水による層が形成され、海水側への淡水の流入も見られる。一方、図-5 から、水門開け始めた直後では、水位差の影響で、先に淡水が海水側へ流入しているのがわかる。その後 1.8 秒後では、海水と淡水が混じり複雑なる流速分布となっているが、26 秒後は、両側の水位がほぼ等しくなり、海水が淡水側へ流入する様子が見られる。図-6 は、水門から海水側 1cm, 底面から 2cm の位置における流速の時間的变化を示したもので、海水側水位を+2cm とした場合、変動はあるものの、時間の経過とともに流速が大きくなり、Case1-2 と同様な傾向を示している。一方、淡水側を高くした場合、急激に流速が速くなっている。



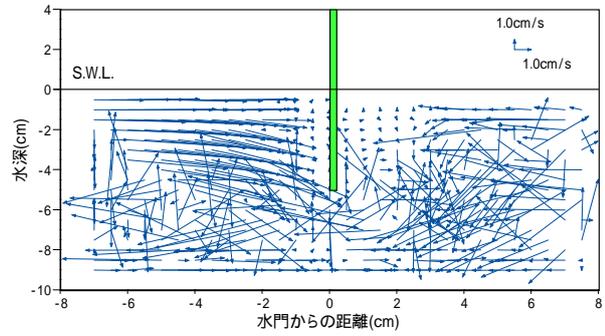
(a)0.1 秒後



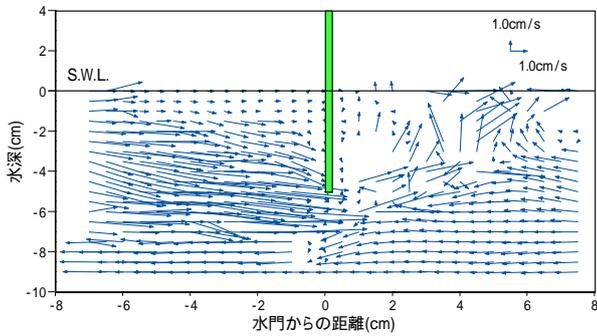
(a)0.1 秒後



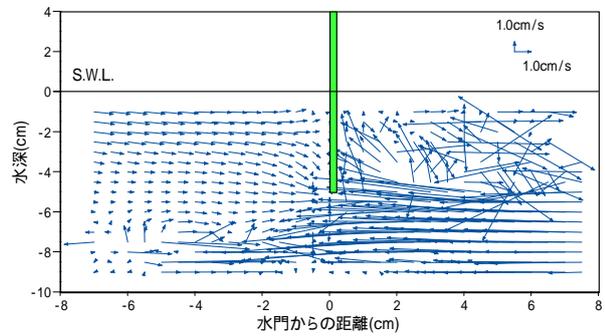
(b)3.5 秒後



(b)1.8 秒後



(c)27 秒後



(c)26.5 秒後

図-4 海水側水位+2cm

図-5 海水側水位-2cm

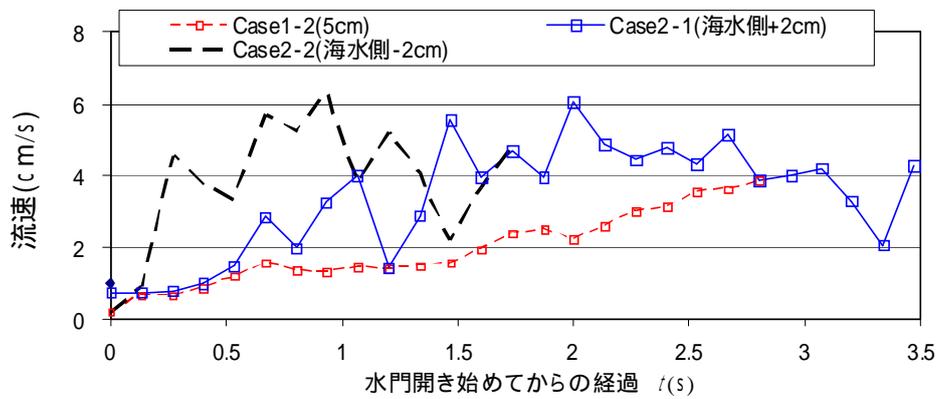


図-6 水門から海水側 1cm, 底面から 2cm の位置における流速の時間的变化

2) 実験 (染料による可視化実験)

図-7は、実験より得られた水門開度の違いによる塩水塊の淡水域への浸入速度、塩水塊の最大厚さおよび平均厚さを示したもので、この図から、水門開度が大きくなるにつれて、流速、層厚ともに大きくなるのがわかる。なお、密度流の層厚は水門開度より大きくなることはない。図-8は開度5cmのケースにおける水位の差による塩水塊の浸入速度、塩水塊の最大厚さおよび平均厚さの関係を示したものである。海水側の水位を2cm高くした場合、Case1-2と比較して明らかに浸入速度と層厚は大きくなっている。水位を-2cmとした場合、Case1-2の結果と比較して大きな差は見みられないが、浸入速度がやや小さくなっている。これは一端海水側へ淡水が流入する影響であると考えられる。最後に水門を上げる速度をややゆっくりめにした場合、さらに浸入速度は遅くなっているのがわかる。

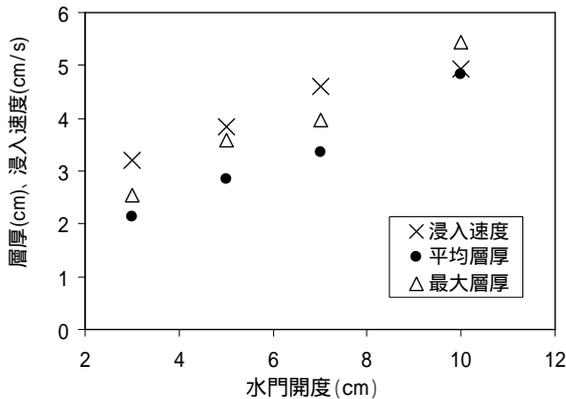


図-7 水門開度と塩水塊浸入速度・層厚との関係

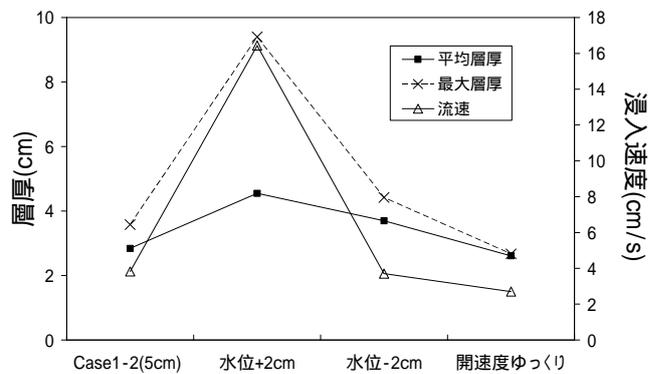


図-8 水位差と塩水塊浸入速度・層厚との関係

4. おわりに

本研究で得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- 1) 密度の高い海水が密度の低い水道水の下に潜り込み層ができ密度流が発生することが確認できた。また、水位差がない限り、密度流の層厚は水門開度よりも大きくなることはなかった。
- 2) 本実験において水位差が2cm程度ある場合は、水門を開いた直後、水位が高い方が先に水門下に潜り込み、密度さより水位差が水門付近の流れに影響を及ぼすことがわかった。
- 3) 水門開度の変化により海水の拡散の様子、流速分布の様子は異なり、流速分布に影響を与えることがわかった。また、海水と水道水の水位差、水門の開速度の違いによっても流速分布に影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- 1) 田中宏和・松原雄平・黒岩正光，水門の開閉による塩水遡上制御に関する数値解析，第60回 土木学会中国支部 研究発表会発表概要集，11-44，2008。