

## II-119 2次元河床波下流における3次元乱流構造

宇都宮大学 工学部 学生員 柏木 和文  
 宇都宮大学 工学部 正 員 池田 裕一  
 宇都宮大学 工学部 正 員 須賀 堯三

1. はじめに 自然河川において、河床波下流にボイルと呼ばれる現象が存在することが知られている。このような現象は河川の流れにおいて普遍的に存在するものであり、河床形態と密接に関連するとされ、平均流に与える影響も大きく、ボイルの生成機構を明らかにすることの意義は河川工学上重要である。しかしながら、その発生原因や物理機構については未だ不明な点が多く、実証的な研究が少ないというのが現状である。そこで本研究では、このボイル現象を引き起こす流れの機構を解明するための可視化実験を行った。

2. 実験装置及び実験方法 実験は、長さ4m、幅30cm、河床勾配1/1000のプラスチック製直線水路を用いて行った。その上流端から2.4mの底面上に、河床波を単純な形状でモデル化したものとして、流れに垂直な向きで鉛直平板を取り付け、流れを可視化するために、平板先端付近から蛍光染料を流出させた。実験の方法は、水平及び鉛直方向にスリット光を入れ、平板下流での流れを観察した。(図1) 実験は、水深が6.5cmと4cmの場合について行った。

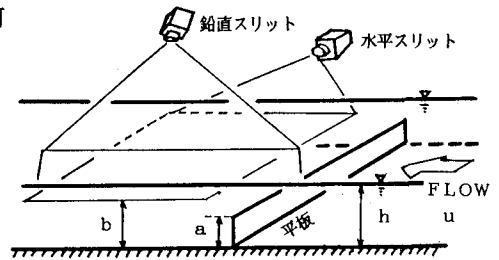


図1, 実験装置及びスリット位置

3. 実験結果及び考察 水深が6.5cmの場合、上昇流がほぼ水路中央付近の位置で見とめられた。(写真1) 一方水深が4cmの場合、水路中央を挟んで両側にも2箇所の上昇流が観察された。(写真2) さらに見やすいようにRe数を下げると、平板先端より生ずる剥離渦の挙動を可視化することができた。(写真5, 6) 両者を比較してみると、上昇流の位置は、渦糸の変形における側壁沿いの峰部を除く、他の峰部の位置と一致していると考えられる。水深6.5cmの場合、平板頂部を離れた渦糸には、直ちに3つの峰部を持った微小な波動が生じている。この渦糸が下流へ移動するとともに大きく成長し、渦糸が3次元的に変形してゆく。これは渦糸のもつ誘起速度により峰部は上昇し谷部は下降してゆくためであるが、上昇流として現れるのは、この3つの峰部のうち中央にある峰部の3次元変形の影響であると考えられる。側壁沿いの峰部は、側壁の影響からかその変形が抑制され、十分な発達が行われないうちに、ここでの上昇流が見とめられなかったものと思われる。同様に、水深が4cmの場合においても、渦糸の初期波動とその変形は、4つの峰部を持ったものが観察されたが、上昇流として見とめられるのは、この峰部のうち側壁沿いのを除いた他の2つの峰部の渦糸変形によるものと考えられる。3次元的に変形してゆく渦糸の峰部と谷部を2本のスリット光によって両者の断面を連続撮影したものを写真7に示す。これを見ると、峰部が谷部よりも速く流下し、渦糸の波動面が傾いてゆくのがわかるが、これは、水面近くは速く底面近くは遅い平均流速分布のためである。また、上流側において、水素気泡法により底面付近の流況を可視化したところ、明瞭な高速縞、低速縞が観察され横断方向に流速の不均等があることがわかった。なお、この高速縞と峰部、低速縞と谷部とが一致しており、渦糸の初期波動に及ぼす要因が確認された。

4. 数値計算 渦糸の3次元変形が自己誘起速度と平均流速分布によるものであることを確認するために、渦糸近似法を用いて数値計算を行った。(図2) ここで渦糸は自己誘起速度と平均流速によってのみ動くものとしている。この結果、可視化観測と同様な現象が数値計算においてもみられた。

5. まとめ 上流側での横断方向の流速不均等によって、頂部より剥離した渦糸に微小な波動が加わり、これが自己誘起速度と平均流速分布により成長し、流下方向に傾きながら引き伸ばされる。この十分に引き伸ばされた

峰部のループが、底面の水塊を巻き込んで、水面付近まで上昇しながら、kolk-boilを形成するものである。以上の事項が本可視化観測によって確認され、また、同様な現象が数値計算においてもみることができた。

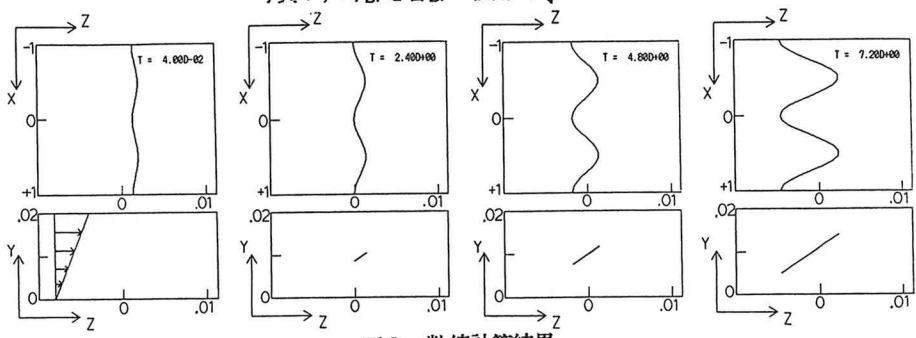
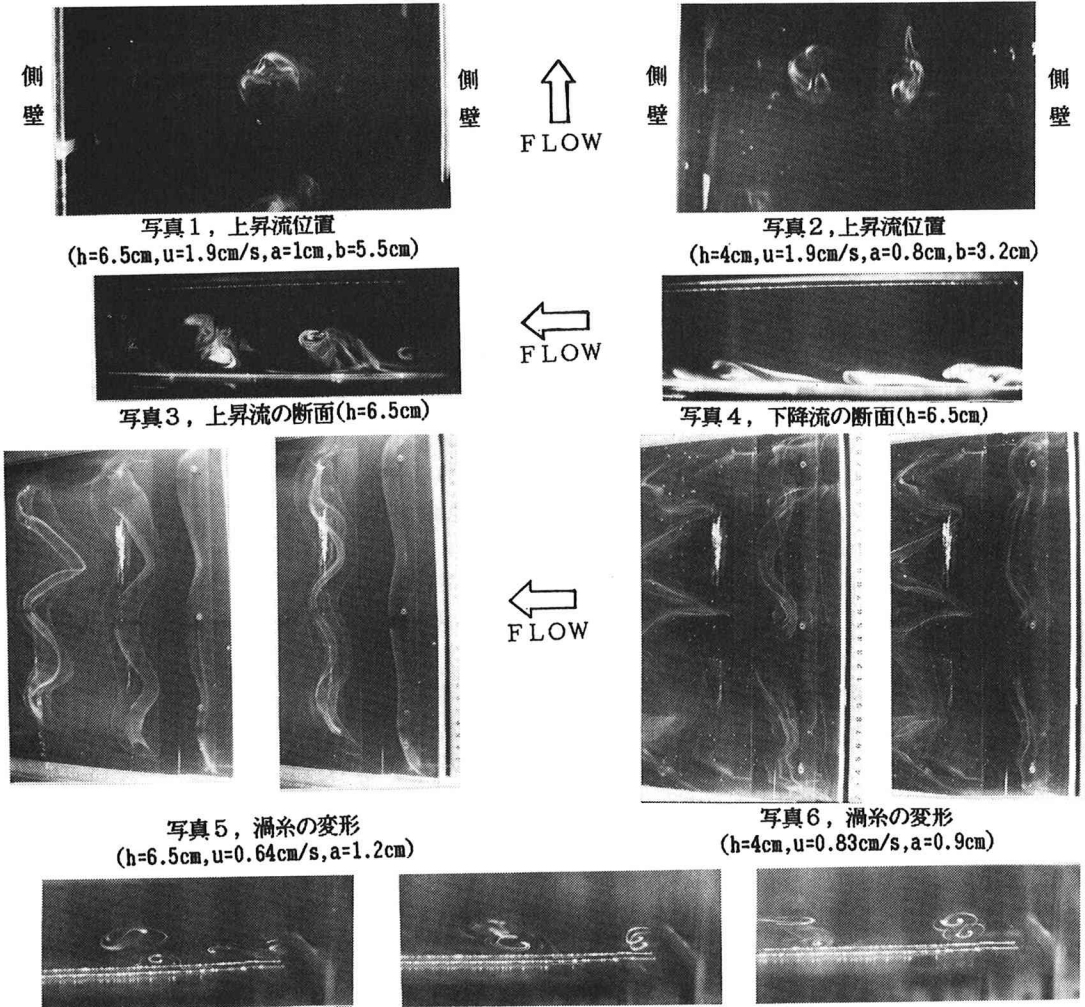


図2, 数値計算結果

<参考文献> 1) 服部・池田・須賀:「河床波下流の剥離渦の3次元変形」, 第16回関東支部論文集  
 2) 福岡・福岡・奥津:「開水路流中に見出されるboilの特性」, 第22回水理講演会論文集