

1.はじめに 瀬淵構造は河川生態学の基となる重要な構造である。その中でも、淵は魚類の生息にとって重要な場所であるが、近年この淵が失われたり、淵の環境が悪化するなどして魚類の生息を脅かしている。そこで本研究は瀬淵構造における淵に着目し、生態学的に持つ意味を検討し淵の環境改善方法やその影響および維持機構について考察するため、淵の一般的流れ構造の特性を明らかにする目的で行った。

2.実験条件及び実験方法 実験水路は水路幅 $B=59.3\text{cm}$ 、全長 13m 、高さ 30cm 、水路勾配 $i=1/800$ の長方形断面水路を用いた。実験淵の寸法は幅 $B=60\text{cm}$ 、全長 100cm 、深さ 4cm とし、淵内部の上流部、下流部、右側部に斜面を設けた。最深部の平面部分は全長 60cm 、幅 $B=20\text{cm}$ とし、上流部および下流部の斜面は全長 20cm で勾配を $1/5$ とした。また、右側部の斜面は幅 40cm とし、勾配を $1/10$ で作成した。淵の形状を写真1に示す。実験は固定床で行い、淵上流と下流の水深を 2cm 、流量を 3.6lit/s に設定し、この条件の下で測定を行った。さらに、構造物設置の際の淵の流れ構造の計測のため、 $5 \times 5 \times 3\text{cm}$ のフトン籠を実験淵の平面部内の $1/3$ と $2/3$ に設置し、流速の計測を行った。以下淵に構造物を設置しない淵を単純淵、構造物を設置し淵をフトン籠設置淵と称する。また、2次元数値計算により単純淵と不透過構造物設置淵の流速を算出し、実験結果との比較を行った。

3.実験結果 図1に単純淵とフトン籠設置淵の $z=5\text{cm}$ での実験結果、および数値計算による単純淵と不透過構造物設置淵の主流速コンターを示す。いずれの結果でも淵内ではその上流と下流に比べて流速の低下が見られる。単純淵のコンターでは $y < 10\text{cm}$ と $y > 40\text{cm}$ の範囲でそれぞれに凸型の流速分布を確認することができる。さらに $y > 50\text{cm}$ では、平面部内において逆流域の存在が認められる。また、それぞれの凸型分布の隣には高い流速の分布が見られる。フトン籠設置淵では $y < 25\text{cm}$ と $y > 50\text{cm}$ で凸型の流速分布が確認でき、 $y < 10\text{cm}$ の右岸部斜面内で逆流域が存在している。これは単純淵とは逆の分布である。また平面部内ではフトン籠前部では低い流速が存在しフトン籠後部では高い流速が存在している。これは、フトン籠を設置したことにより高流速の流れが流入していることを示している。数値計算の単純淵では平面部内に台形の流速分布、右岸部斜面では凸型の流速分布が存在し、両側岸での減速傾向は現れる。しかし実験結果で見られた平面部内の逆流域は確認できない。不透過構造物設置淵では構造物の後部で流速が低下し、前部で増加するというフトン籠とは逆の、不透過構造物の機能を持つ分布を示す。右岸の減速域は単純淵よりも縮小し、逆流は再現できない。

図2に図1に単純淵とフトン籠設置淵の $z=5$ での実験結果の U-V 流速ベクトルを示す。単純淵で



写真1 実験淵

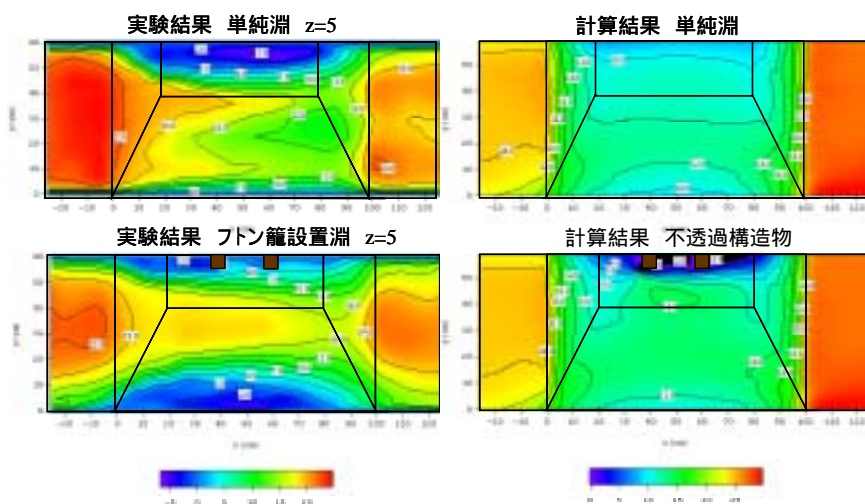


図1 主流速コンター

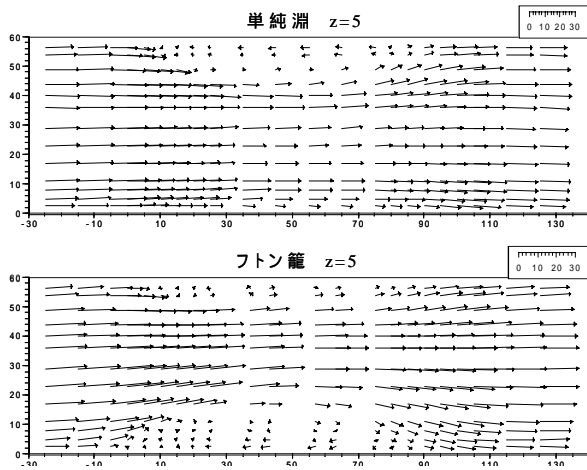


図2 U-V 流速ベクトル図

はコンター図で見られた凸型の流速分布の箇所に、同様の分布が確認できる。また、逆流域を持つ箇所では渦の存在が確認できる。これらの凸型分布は、ともに $x=50\text{cm}$ を頂点としている。フトン籠設置淵でもコンター図で減速域が見られた箇所では凸型のベクトル分布が確認でき、 $y<10\text{cm}$ の逆流域の存在する箇所では渦の存在が確認できる。またフトン籠前部及びフトン籠の間では渦が存在し、フトン籠後部では流れは順流になる。

図3に単純淵とフトン籠設置淵の横断面 V-W 流速ベクトルを示す。単純淵の上流斜面部である $x=15$ では、 $y>40\text{cm}$ において強い右岸下向きの横断方向流れを確認できる。この横断方向流れは淵の中心近くである $x=45\text{cm}$ で下向きのベクトルになり、下流斜面である $x=85\text{cm}$ では左岸上向きのベクトルになる。この間渦部となる $y>50\text{cm}$ では下流斜面まで横断方向ベクトルは非常に小さく、また右岸部斜面では上流斜面でのみ斜面形状に沿った横断方向流れの存在を確認できる。フトン籠設置淵では右岸部斜面において強い横断方向流れの存在を確認できる。平面部での横断方向流れは単純淵に比べて小さく、またフトン籠後部である $x=43\text{cm}$ では $y>50\text{cm}$ で大きな乱れの確認が出来る。またフトン籠設置淵で渦部となった $y<10\text{cm}$ では、単純淵と同様に小さな横断方向流れを示す。これらの V-W 流速ベクトルは主流速コンター図で確認された流心に集まる方向を向く。これらの結果より、淵内では2次流が発生していることがわかる。

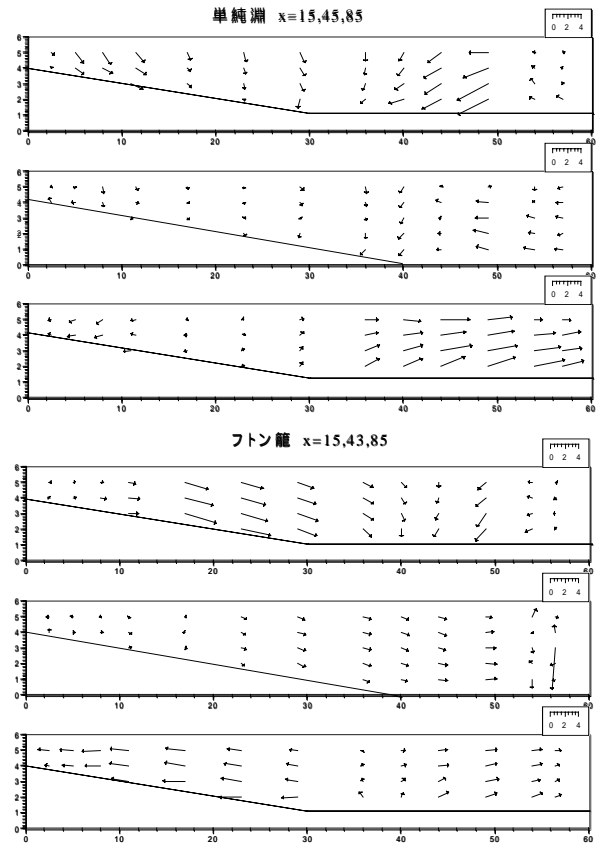


図3 V-W 流速ベクトル図

4.結論 淵を有する河道の流れ特性を実験結果および数値計算から検討した。単純淵では2次流を伴う凸型流れが両岸に発生し、このうち平面部では逆流域を持つ渦となることがわかる。またフトン籠を設置すると右岸部斜面の凸型流れが発達し、逆流域を伴う渦が発生する。またフトン籠を設置した平面部ではフトン籠の効果による流れ構造が現れる。2次元数値計算ではどのケースにおいても逆流域を再現することはできず、これは渦の発達が多次元であることを示し、2次元計算の限界を示している。また、実験淵では流心と平面部の位置が一致せず、この形状では淵の形状は維持されないと思われる。単純淵で渦が起こった要因として、平面部と右岸部の構造により水位差が発生し、これにより圧力差が生じたためだと考えられる。フトン籠設置淵ではフトン籠のため平面部の渦が発達せず、平面部の渦により衰退していた右岸部斜面の渦が発達したと考えられる。今後は自然な洗掘要因を持つ淵での流れ構造の解明や、流心と平面部の位置が一致する淵の形状について研究していきたい。