

1. はじめに 河川における瀬と淵は、魚にとって必要不可欠な生息環境要素であるが、現在この瀬淵が失われつつあり、瀬淵の創出と保全に関心が集まっている。そこで本研究は、様々な淵構造の中でも R 型淵に着目し、その淵内部での流れ構造および、上流から流れてくる土砂による淵内の堆砂傾向を明らかにし、淵の維持可能性について実験的に検討した。

2. 実験条件及び実験方法 実験水路は水路幅 $B=60\text{cm}$ 、全長 13m 、高さ 30cm 、水路勾配 $I=1/900$ の長方形断面水路を用いた。実験淵の寸法は幅 60cm 、全長 100cm 、深さ 4cm とし、淵内部の上流部、下流部、右岸部に斜面を設けた。最深部の平面部は全長 60cm 、幅 20cm とし、上流及び下流部の斜面は全長 20cm で勾配を $1/5$ とした。また、右岸部の斜面は幅 40cm とし、勾配を $1/10$ とした。瀬は幅 60cm 、全長 30cm の鉄板に直径 3cm 、高さ 3cm の円柱をそれぞれ 2cm 間隔で水路横断方向に 12 個、流下方向に 6 個配置したブロックによって再現し、これを実験淵の上流と下流にそれぞれ配置した。また、R 型の淵を想定し、幅 10cm 、全長 39cm 、高さ 19cm のコンクリートブロックを実験淵の最深部平面の上流側から 10cm の位置に前面を合わせ、左岸に密着させる形で設置した。実験模型を写真 1 に示す。実験は固定床で行い、ブロックの有無それぞれのケースにおいて流速の計測と給砂実験を行った。流速計測の水理条件を表 1 に、給砂実験の水理条件および給砂条件を表 2、表 3 に示す。



写真 - 1 実験模型

表 1 流速計測の水理条件

ケース名	ブロック設置	流量 $Q(\text{lit/s})$	水深 $H(\text{cm})$	平均流速 $U_m(\text{cm/s})$	水路幅 $B(\text{cm})$	勾配 I	レイノルズ数 Re	フルード数 Fr
FN	x	7.2	4.69	27.9	59.3	1/900	14612	0.411
FK		12	6.84	33.5	59.3	1/900	25605	0.410

表 2 給砂実験の水理条件

ケース名	ブロック設置	流量 $Q(\text{lit/s})$	水深 $H(\text{cm})$	平均流速 $U_m(\text{cm/s})$	水路幅 $B(\text{cm})$	勾配 I	総給砂量 $s(\text{kg})$	給砂時間 $t(\text{h})$
SN	x	12	4.69	33.5	59.3	1/900	18	10
SK		12	4.69	33.5	59.3	1/900	16.2	9

表 3 給砂条件

給砂	平均粒径 (mm)	比重	間隙比	給砂間隔 (min)	給砂量 (g/回)
6号砂	0.3	2.65	0.5	5	150

3. 実験結果 図 - 1 に、ケース FN,FK の横断面流速ベクトルを示す。x=20cm では、FN は斜面に沿った左岸方向の流れが見られるが、FK ではブロックの水はねによる下向き右岸方向の強い流れが $y>45\text{cm}$ のブロック近傍で生じており、 $y=40\text{cm}$ における流れも右岸へと向かっている。FK では $y=40\text{cm}$ において上昇流も確認することができる。x=50cm では、FN の流れはさらに左岸方向へと強くなり、淵最深部である $y=40\text{cm}$ において底面へと向かう流れとなる。また、FK ではブロックそばの河床付近に渦が発生していることが分かる。x=80cm の下流側斜面開始位置においては、FN に比べて FK では左岸方向へと向かう流れの傾向が強くなっており、このことから、右岸側斜面に沿った左岸方向の流れが、ブロックのなくなった左岸側へと流れ込んでいることが分かる。

図 2 に、ケース FN,FK の鉛直縦断面流速ベクトルを示す。 $y=35,40\text{cm}$ では、両ケースともに上流における水面と底面での流速差が大きく、下流に行くに従ってその差が小さくなっており、下流側での底面付近の加速が大きいことが分かる。この傾向は FN の $y=50\text{cm}$ においても同様である。 $y=35\text{cm}$ では、FN の流れが主流速方向であるのに対して、FK の流れは $x>30\text{cm}$ において鉛直上向きの流れが加わっており、このあたりにおける上昇流の発生を示唆するものである。さらに左岸の $y=45\text{cm}$ では、FN の流れにほとんど変化は見られないが、FK では鉛直上向きの流れから下向きの流れとなっており、 $y>45\text{cm}$ ではブロックの横で下降流を伴う

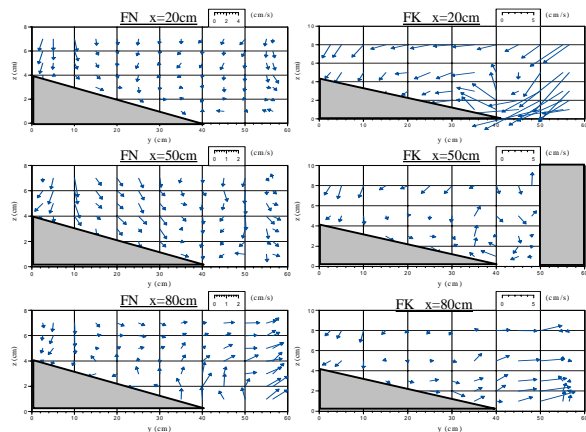


図 1 横断面流速ベクトル

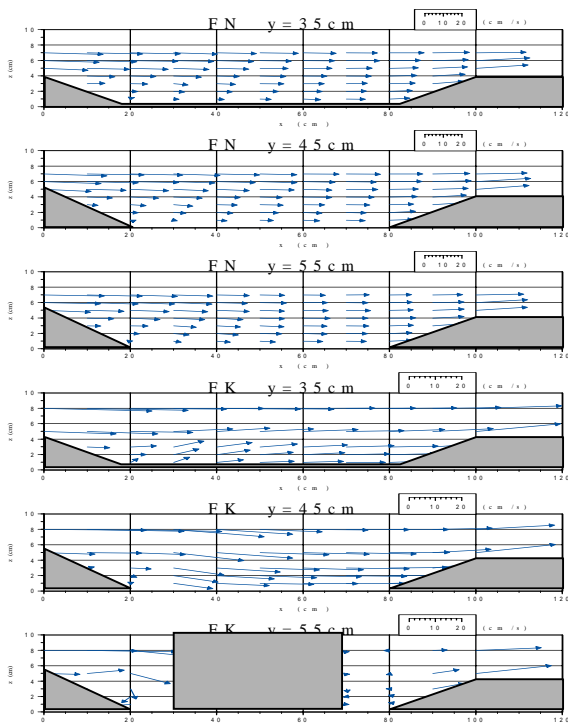


図 2 鉛直縦断面流速ベクトル

高速流が底面近くで発生している $y=55\text{cm}$ の FN では、全体的に流速の減少が確認でき、FK においては、上流からの流れがブロックにぶつかって下に潜り、上流側斜面を逆流する流れが見られる。 $x=70\text{cm}$ のブロック後方の流れは非常に遅く淀んでいるが、下流側斜面での加速は確認できる。

図 3 に、ケース FN,FK それぞれの底面付近の流速の絶対値を取り出した x - y 平面流速コンターを示す。両ケースともに、上流側斜面、右岸側斜面、淵最深部の集まる位置で流速が小さくなっており、上流からの流れの剥離によるものと思われる。FK ではさらに、ブロックの前方と後方においても遅い流速が分布し、上流側と下流側の斜面上にも影響を与えている。また、速い流速が上流と下流にそれぞれ分布している FN に対し、FK では右岸の壁面付近で常に速い流速が確認できる。FK では、ブロック横においても速い流速分布を示し、淵最深部と右岸側斜面の境界付近で遅い流速分布となる。

図 4 に、給砂前と比較した砂の堆積高さの横断分布を示す。上流である $x=20\text{cm}$ では、両ケースともに時間変化は少なく、それぞれの給砂時間の半分が経過した時点で、すでに十分な堆砂が行われていたことを示している。また、SK では $y>40\text{cm}$ における堆砂がほとんど生じていないことが分かる。淵中央の $x=50\text{cm}$ では、SN における時間変化が非常に大きいのに比べて、SK ではほとんど変化が見られない。このことから、SK は SN に比べて堆砂の進行が早く、堆砂した部分においては一定量に達するとそれ以上は堆砂せず、平衡状

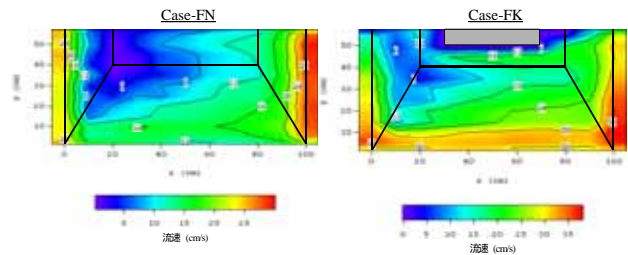


図 3 x - y 平面底面流速コンター

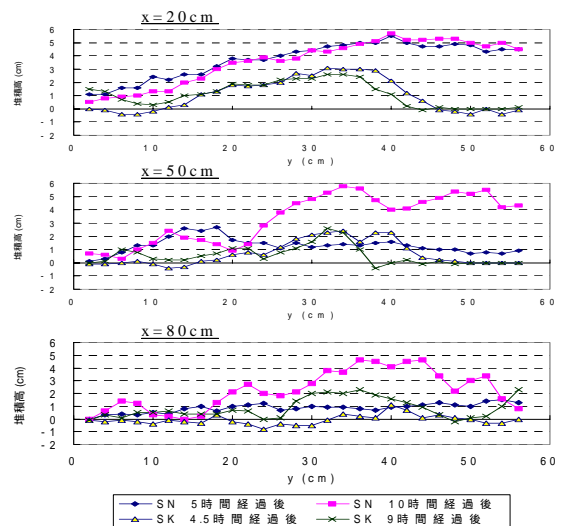


図 4 堆積高横断分布

態となることがわかる。下流にあたる $x=80\text{cm}$ になると両ケースにおいて時間変化が見られるようになるが、SN の 9 時間経過後の値は $x=50\text{cm}$ の時に比べて小さく、さらに堆砂が生じる余地があるものと思われる。SK では、 $y=30\text{cm}$ から $y=40\text{cm}$ の淵中央よりやや左岸側と $y>50\text{cm}$ の左岸の壁面に堆砂が集中しており、逆に右岸側における堆砂が少ないことが分かる。

4. 結論 今回造成したような直線河道内の淵では、堆砂は上流から順に進行し、最終的に淵構造は失われてしまう。堆砂の進行には右岸と左岸で偏りがあり、右岸側から先に堆砂した後、左岸側にも堆砂する傾向を示す。ブロックを設置すると、ブロックの前面及び側面において、橋脚などの水理構造物まわりで見られる流れ構造と同じ流れとなり、馬蹄渦が生じることで堆砂の進行を防いでいると思われる。そのため、ブロックまわりの堆砂が少ない範囲の形状は、水理構造物周りに生じる洗掘孔に非常に似た形となると考えられる。しかし、淵最深部における構造維持の効果は得られるものの、緩流域がブロックを設置した場合に比べて大幅に減少しており、魚類の洪水時の避難場所としての機能は大きく失われてしまっている。この課題も含めて、今後は、さらに淵構造の維持効果が高い淵の形状を追求し、瀬の有無による堆砂傾向の変化などについて研究していきたい。