

前橋工科大学工学部	学生会員	落合裕一
前橋工科大学工学部	正会員	土屋十園
前橋工科大学大学院	学生会員	諸田恵士

1. はじめに

自然河川に存在する比較的流速が大きく、水深が小さな瀬や、流速が小さく水深が大きな淵と呼ばれる流れは景観の面から見ても優れているほか、様々な水生生物に良好な生息環境を提供している。また、瀬・淵は両者がうまく連携してひとつの川を構成し、どちらが欠けても豊かな川は生まれない。そのため、瀬・淵は多自然型川づくりを行う際、重視するものの1つである。しかし、瀬・淵という分類は本来河川生態学において用いられてきた用語である。

この分類手法を河川工学においても適用を図るために、土屋の研究¹⁾をもとに現地調査を行った。また、これらの結果をもとに水理模型実験においても瀬・淵の流れ場を再現し、これらの水理学的特性についての検討を試みた。

2. 実験概要

本実験は幅1m×長さ9mで矩形断面である直線水路に瀬・淵を再現するために水路床に粒径10mm～50mmの小石を敷いた。また、現地調査より、瀬・淵で見られる浮石、沈石についても再現した。これにより瀬・淵において見られる水面波を創出することができた。水路床勾配は早瀬を再現する上で大きな流速が必要であるため下流の2mは小石を積重ね、河床勾配を1/50とした(図1参照)。流量条件20,30,50,60l/sの4ケース行い、20,30l/sについては下流でゲートにより水位調節を行った。

ここで用いた値は1断面につき鉛直方向に3点、横断方向に7点、計21測点の平均値であり、水深は1断面につき3点の平均値である。

3. 実験結果

各測定断面について模型縮尺は1/7とし、測定した値と現地調査での測定値を口バートソンによる流相の区分にあてはめ、その結果よりそれぞれを各

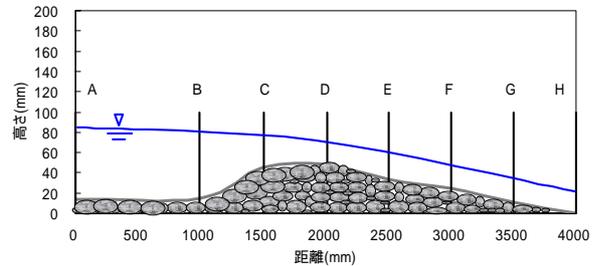


図1 河床縦断形

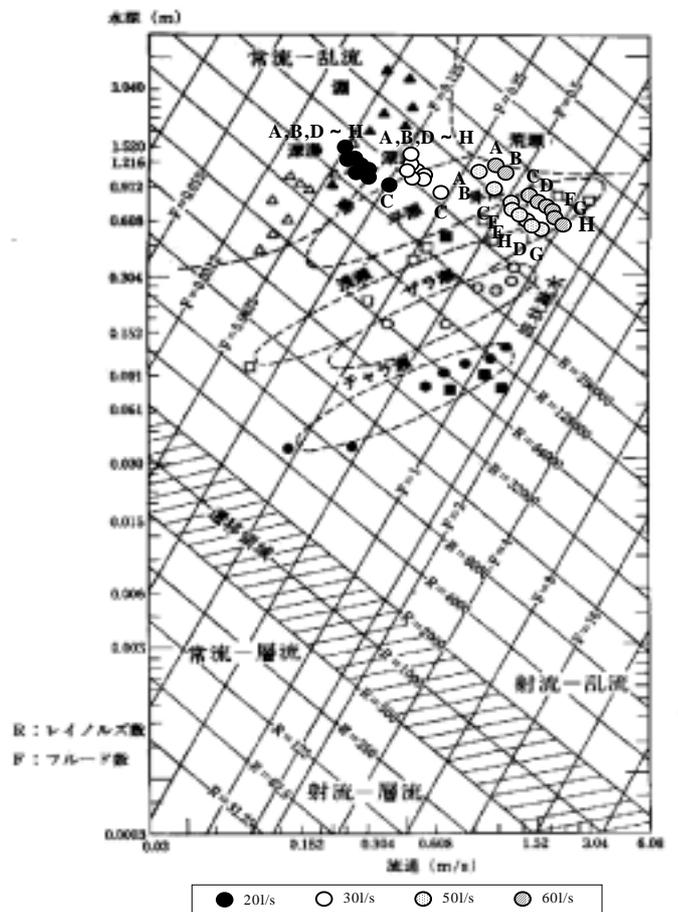


図2 実験結果の流相区分

流水形態に分類した。測定結果を流相区分の図上にプロットしたものが図2である。図2に示すとおり50,60l/sの場合、2つの流量ともA,Bでは平瀬の状態、C-H区間では早瀬の状態であると区分できる。水面の状態はA-C区間で細かい波が形成され、C以降は大きな波が生じ、白波が立つ現象が見られた。

次に流量 20,30l/s の場合は淵の再現を目的に下流で水位調節を行った。しかし、この結果を同様に図にプロットしたが、流量30l/sでは淵にはならず全ての測点で深瀬及び平瀬の状態となった。流量20l/sでは、ほぼ全ての点において瀧となった。そこで、淵は再現できなかったが、20l/sの場合の瀧を淵に近い状態として水理特性を解析した。

4. 解析結果

流速分布

図3には鉛直方向の流速分布を示した。早瀬は流速分布に大きな幅があるのに対し、平瀬、瀧になるに従い、その分布幅は小さいものとなった。

フルード数

上記のように流水形態を判定した区間でのフルード数を表1に示した。平瀬であるA-B区間

表1 フルード数

	フルード数
平瀬	0.292
早瀬	0.708
瀧	0.083

では0.3未満、早瀬であるC-H区間では0.7以上となったが、射流と認められる1以上の値には達しなかった。瀧においては0.1未満となった。

乱れ強度

「早瀬」、「平瀬」、「瀧」の3つの河川形態における流下方向の乱れ強度を図4に示した。瀧では乱れ強度は微小な値であり、深さ方向に一定に近い値であるのに対し、早瀬・平瀬の2つは瀧に比べ乱れ強度が大きくなっており、瀬の方が乱れ強度が大きい流れであることが確認できた。

次に、平瀬と早瀬を比較すると、早瀬では水面付近において非常に大きな乱れ強度を示しているが、河床に近づくとつれ、3割水深付近で乱れ強度が急激に小さくなった。平瀬の乱れ強度分布は早瀬と逆に河床に近づくとつれ大きくなった。早瀬は主流速が卓越するために河床の影響を受けないのに対し、平瀬は主流速が小さいため、河床の影響が現れたと考えられる。横断方向の乱れ強度においても同様な結果が得られた。

粗度係数

各流水形態における粗度係数 n を粒径と摩擦抵抗係数²⁾より(1),(2)によって求め、表2にまとめて示した。

表2 粗度係数

	粗度係数
平瀬	0.031
早瀬	0.042
瀧	0.033

$$n = \frac{R^{\frac{1}{6}} \cdot \sqrt{f}}{\sqrt{8g}} \dots (1)$$

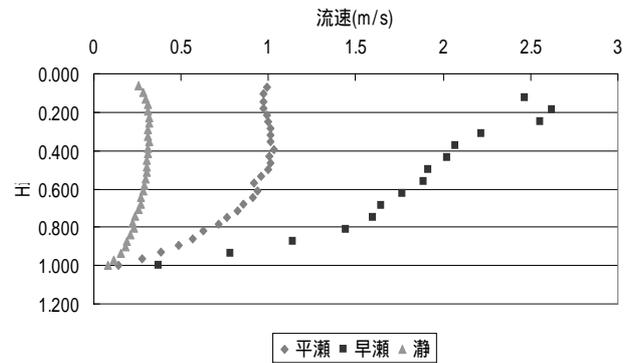


図3 流速分布

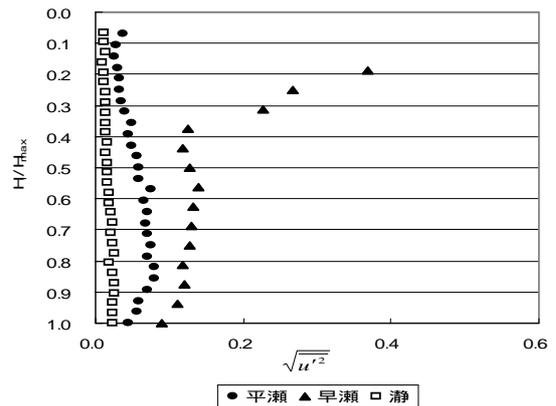


図4 乱れ強度分布

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.03 \log_{10} \frac{h}{ks} + 2.12 \dots (2)$$

f : 摩擦抵抗係数 ks : 相当砂粒粗度 ($ks=3.388k$)

k : 粒径 R : 動水半径 g : 重力加速度 h : 水深

平瀬では河床に敷いた石が沈石となるため、粗度係数が低くなっているのに対し、早瀬では石が浮石となるために粗度係数は高くなった。瀧では平瀬とほぼ同じ値となった。

5. まとめ

水理模型実験により河川生態学の用語である「平瀬」、「早瀬」、「瀧」の状態を再現することができ、その水理特性を検討した。平瀬・早瀬・瀧でフルード数に大きな差が見られた。淵に近い状態である瀧では乱れ強度は小さいが、瀬では平瀬より早瀬で乱れ強度が大きくなった。さらに平瀬・早瀬・瀧での粗度係数の違いを確認することができた。

参考文献

- 1) 河川の総合親水計画 土屋十園著 信山社サイテック
- 2) 基礎水理学 林泰造著 鹿島出版会