

屈折部が連続した開水路流れに関する実験的研究

北海道大学大学院工学院
北海道大学大学院工学研究院

学生会員 渡辺 伸宙
正会員 ○田中 岳

1. はじめに

湿地を流れる河川の流路（図-1）には、鋭角的な屈折部と直線部とが連続した箇所が幾つも見られる。木下¹⁾は、不連続に折れ曲がった幾何形状を「奇異」と表現し、以前より湿地河川に着目していた。

湿地河川は、ラムサール条約に登録された保護地域を流れている場合があることに加え、流れの場が植生、泥炭や粘土などの不均一性を伴った耐浸食性を有しているため、その形成過程の解明は十分ではなかった。然しながら昨今、観測、理論解析、実験などの様々な技法を用いてその特徴が明らかとなりつつある。Nansonら^{2,3)}や田中ら⁴⁾は、湿地河川の現地観測から、①川幅水深比が沖積河川のそれに比べて極めて小さく、②屈折部に水深の深いプール部が形成され、③流路の横断面形は左右対称なお椀状をなし、④屈折部の外岸側に剥離域が存在することで水脈筋が内岸側に寄ることなどが認められている。特に特徴③については、関根ら⁵⁾が実施した粘着性土で構成された流路の水理実験でも確認されているように、耐浸食性のある流路に共通した特徴とも考えられる。

これまでに湿地河川の流路形成機構に関して得られた知見は、環境保護といった規制下での希少な観測事例や、適用条件のある理論解析に基づくもので、著者らの知る限り水理実験に基づく検討例は少ない。本研究では、異なる角度の屈折部と直線部とが連結された大型水路を用いて、実際の湿地河川の流路勾配、川幅水深比を踏まえて実現された流況を、流れの可視化と流速測定の結果から検討する。



図-1 湿地河川のチルワツナイ川(Google)

表-1 平均水深、川幅水深比と平均流速

角度(°)	平均水深(cm)	川幅水深比	平均流速(m/s)
120	16.0	3.13	0.18
90	15.9	3.14	0.18
60	14.6	3.42	0.19

置する外岸側壁の1波長分をアクリル製として、側面からの流れの観察が可能になっている。そこで本研究では、水面付近に染料（ウラニン）を流しながらスリッド光を側面から照射し、表層付近の水平面内の流れを可視化し観察する。さらに、流速計測には1次元LDV流速形を用いて、屈折部の上流側、下流側と直線部の中間での横断面内の流速を計測する。

(2) 実験条件

本研究では、水路勾配、川幅水深を幾つか変えた実験を計画しているが、本報告では、湿地河川を模擬した緩い勾配（約1/4000）と、先に述べた特徴①を踏まえた川幅水深比（表-1）となるように設定された単一の流量14.0(l/s)による実験結果について報告する。

2. 実験の概要

(1) 実験概要

図-2は、本研究で用いる実験水路の平面形状を示している。上流側（図の右側）から120度、90度、60度と屈折部の角度を変化させ、それぞれ2波長分の流路長を取っている。流路中心の直線部の長さは全ての区間で3.25m、水路幅は0.5mである。なお、水路側壁と底面には合板を使用している。ただし、角度ごとの中央に位

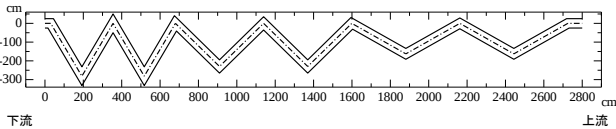


図-2 実験水路の平面形状

3. 実験結果

(1) 流況

図-3は120度（下段）、90度（中段）、60度（上段）のそれぞれ屈折部から下流側での可視化画像である。なお、これらは流下方向（図の右から左方向）に30cm程度の範囲に区切った区間ごとに撮影されたビデオ映像のスナップショットをつなぎ合わせたものである。全てに共通して、内岸側に死水域が形成され、屈折が急になるにつれて（屈折部の角度が120度から、90度、60度になるにつれて）その範囲が拡大する傾向にある。また、60度、90度においては、屈折部付近の外岸側に

キーワード 湿地河川、屈折流路、水理実験、LDV、流れの可視化

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究院 TEL 011-706-6886

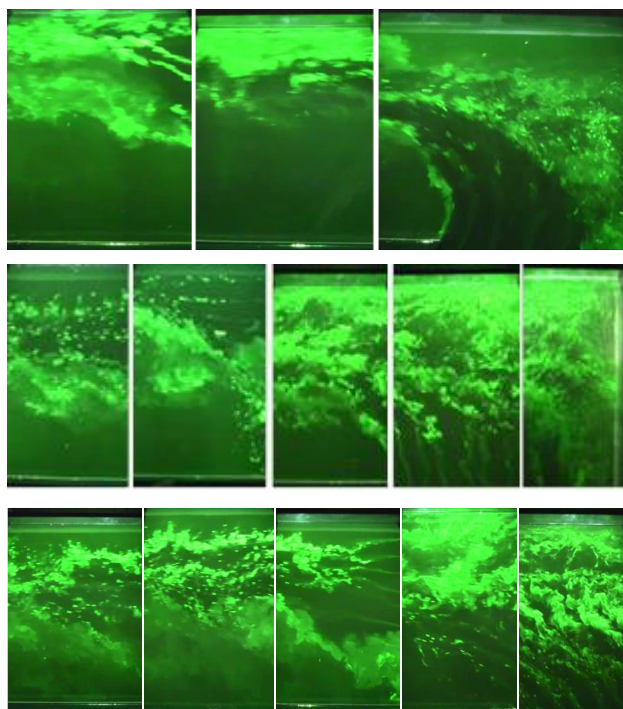


図-3 屈折部下流側の可視化画像

も死水域が確認される。これらは、屈折部内岸側の流れが屈折の直後に剥離し、主流の流積が減少しながら屈折部下流側の外岸壁に衝突することによるものと考えられる。

(2) 流速分布

図-4は、屈折部の角度がそれぞれの場合での屈折部直後の横断面内の流速（表層、水面から5cm、10cm、底面の4層）を計測した結果である。ここでの実験に限れば、横断面内の流速の変化は、水深には大きく依存していないようである。また、平均水深から求めた各断面での平均流速（表-1）を基準として、これを境に流速が卓越する領域とそれ以外の領域を前節の可視化画像と合わせて考察すると、概ね前者が主流域、後者が死水域（逆流域）に対応しているものと考えられる。さらに、川幅の対して最大流速を示す位置に着目すると、それらは屈折部の角度が60度では外岸側に、90度では水路中央に、120度では内岸側に位置する傾向が見られる。この最大流速を示す位置には、実河川での滞筋位置との関係がある。実際の現地観測⁵⁾においても屈折部の角度がおよそ90度である場合には横断面内の中央部分が深掘れし、屈折が急な箇所では最深部が外岸側に寄る傾向が見られている。

4. おわりに

本研究では、湿地河川の流路の平面形状を模擬した実験水路を用いて、屈折部付近の流れの可視化と流速計測を実施した。屈折部直後の深掘れ位置と屈折部の角度には対応関係があるものと考えられ、湿地河川の流路形成機構を解明するには、更なる実験データの蓄積とその検証も必要である。

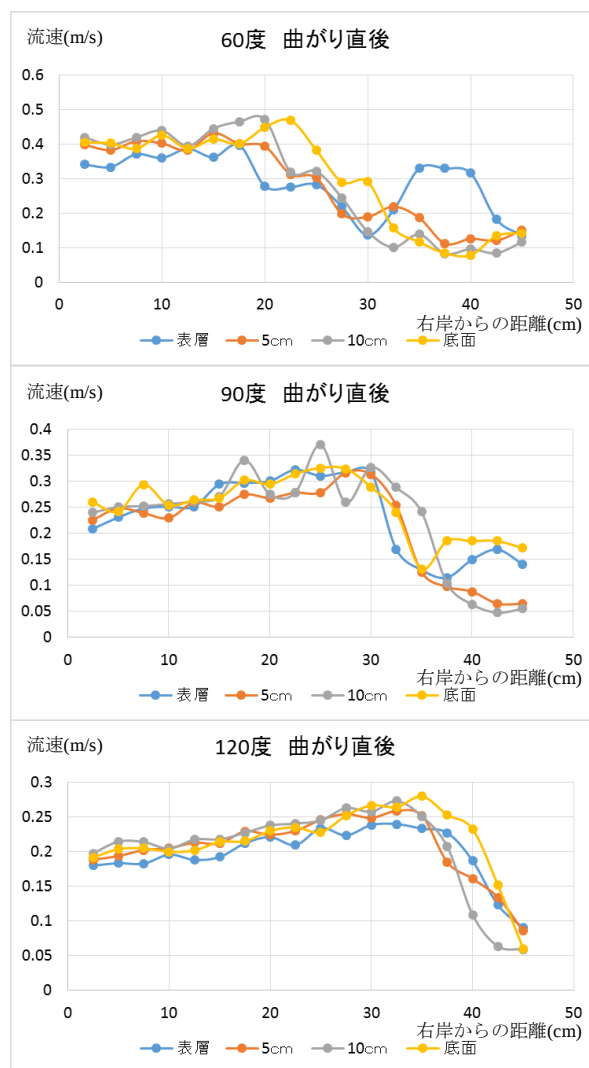


図-4 屈折部直後の横断面内の流速

謝辞：本研究の一部は、科研費（15H02267）の助成を受けて実施された。また、実験の実施には、吉田静男氏（環境流体工学研究所）にご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 木下良作: 石狩川可動変遷調査, 科学技術庁資源局資料, 第36号, 1961.
- 2) Nanson, R. A.: Flow fields in tightly curving meander bends of low width-depth ratio, *Earth Surf. Process. Landforms*, Vol. 35, pp. 119–135, DOI: 10.1002/esp.1878, 2010.
- 3) Nanson, R. A., Nanson, G. C. and Huang, H. Q.: The hydraulic geometry of narrow and deep channels; evidence for flow optimisation and controlled peatland growth, *Geomorphology*, Vol. 117, pp. 143–154, doi:10.1016/j.geomorph.2009.11.021, 2010.
- 4) 田中梢, 田中岳, 長谷川和義: 低平地湿地の蛇行河川流路形成機構に関する基礎的研究-釧路湿原チルワツナイ川の水利特性の実態-, 土木学会論文誌B1(水工学), Vol. 68, No. 4, pp. I_1177-I_1182, 2012.
- 5) 関根正人, 白川剛, 岡幸宏: 粘着性土の浸食に及ぼす粘土含有率の影響, 水工学論文集, 第55巻, pp. 745–750, 2011.