

北海道大学 正員 長谷川和義
建設省 佐藤 克英

1. 研究の目的

流路の移動速度を規定する要因として、側岸に集中する掃流力があげられる。これまでの蛇行研究は側岸における偏倚流速の大小をもってこれを表わし、蛇行の成長や変形を説明することに成功した。

しかし、移動速度は、河岸の性質、特にシルト・粘土の含有率など土質の違いによっても著しく異なることが知られている。本研究は、流路移動速度が河岸偏倚流速に比例する一方、河岸の受食抵抗がその比例係数に反映するものと考え、係数と土質との関連をみようとするものである。今年度は、石狩川雨竜川の河道変遷図を用いて速度をもとめ、河岸の N 値との対応を調べた。

2. 河岸偏倚流速

二次元の線形蛇行流方程式を用いれば、任意形状流路の流速解をうることができる。いま、谷軸方向の平均流速 U_0 を不変とみなした池田・Parker・沢井¹⁾の表現法により、図-1の軸系にしたがって解を書き下せば、以下になる。

$$u = -\chi C(s) + \int_{-\infty}^s C_f [(A+2)\chi^2 + F^2\chi^5] \exp[-2\chi C_f(s-s')C^*(s')] ds'$$

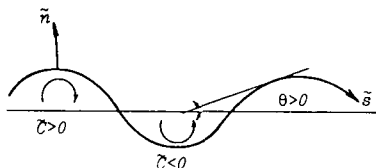


図-1 軸系の定義

ここに、 $u: U_0$ にて無次元化した河岸偏倚流速、 χ : 蛇行平均流の流速を U_0 にて除した値、 $C_f = gH_0I_0/U_0^2$, $F = U_0/\sqrt{gH_0}$, A : 流路の湾曲によって生ずる河床面の横断傾斜を表わす係数、 $C = H_0\tilde{C}$, $C^* = B\tilde{C}$, $\tilde{C}$: 流路中心線の任意点における曲率で、時計まわりを正とする。 B : 流路幅、 H_0 : 谷軸方向流れを想定したときの平均水深、 I_0 : 谷勾配、 $s = \tilde{s}/H_0$ である。

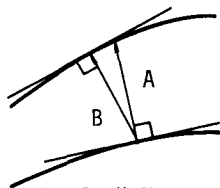


図-2 移動距離

式中の諸係数は次のようにあたえる。現行改修河道が、ほぼ谷軸に近いことを考慮して U_0, H_0, I_0 については、昭和49年の融雪出水時の流量観測点のピーク値を使用することにし、それぞれ区分地域を代表させる。 χ は、考えている区間の蛇行流路長とその間の谷軸長との比をもとめ、その平方根にてあたえる。(平均流速が勾配の平方根に比例するものとする。) A は、必ずしも確定した式がえられていないので、しばしば用いられる $A=2.89$ とする。

3. 移動速度の実測

使用図の流心線を川幅程度に分割し、各点の座標値から曲率を計算する一方、第2年度目の流心線に対する移動距離を、図-2のA,Bの平均にてもとめる。移動速度は、 $\zeta = (A+B)/2$ / (年度間隔) にて表わされる。さて、仮定により、 $\zeta \equiv \tilde{\zeta} / U_0 = E_0 u$ なので、数値積分にて u をもとめ、実測の ζ から E_0 を逆算することができる。ただし、自然短絡やショートカットの含まれる区間、移動が大きすぎて追跡が不能な箇所を除く。図-3は、一例として石狩川のKP112~115を選び、1899年から1911年にかけての移動速度と、1899年流路の形状からもとめた偏倚流速を比較したもので

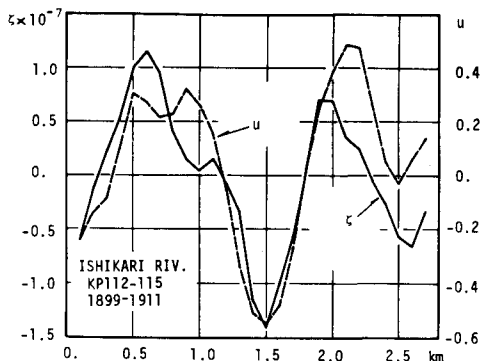


図-3 移動速度と偏倚流速

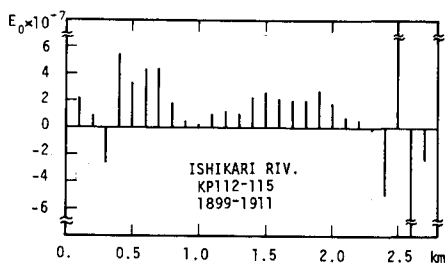


図-4 移動速度に関する係数

ある。両者の対応はよく、上述の仮定の妥当性を示している。図-4はこれらの値から E_0 を算定したものであるが、おおむね一定範囲の値がえられている。しかし、 u のゼロになる位置が、わずかも異なるところでは、 E_0 のオーダーや符号が異なり、平均的な値とはかけ離れてしまっている。これらは、本来無意味なものと考えられるので除くものとし、 E_0 の 10^{-6} 以上の値および負値を省いて地域ごとの平均をもとめる。さらに、同一区間で別の年度間の移動速度がえられる場合には、同様に E_0 をもとめ、これらをも含めた区間平均値を計算する。

4. 流域土質試験値との関係

河岸浸食の難易は、岩盤の存否、地盤の締固まり具合、シルト・粘土の混入状態などに支配されるものと考えられる。しかし、河岸土質を流域の全般にわたり調査した例はなく、築堤時に実施された標準貫入試験、およびボーリング試験の結果が存在するのみである。図-5はその一例をみたものである。上層部分には、シルト・粘土の層が存在し、標準貫入試験値 N が10より小さい値を示している。これより深い部分では、砂や礫が主体となり、 N 値も20以上となっている。図にもみられるように、下流域ほど上部粘土層が厚くなるため、一定厚さにわたって平均した N 値は、上流ほど大きく、下流ほど小さくなる。石狩川については10m、雨竜川については5mの深さが、流路変動にとり支配的なものと考え、区間ごとに平均をとる。これらと、平均の E_0 とを比較すると、図-6, 7のごとくなる。ただし、雨竜川のデータで、括弧の付してあるものは、 N 値の実測がないため、区間的に内挿したものである。したがって、雨竜川についてはやや信頼性に欠けるが、両図とも同様な傾向を示すことは興味深い。すなわち、 $N = 10 \sim 15$ において E_0 の極値が存在し、 N がこれより大きくても、小さくても減少する。上述のように、 $N < 10$ の区間は粘土層の厚い区間と考えられ、同一の流れに対して河岸の浸食抵抗が大きく、係数が小さめになる。また、 $N > 20$ の区間は砂礫層の優勢な区間であるが、締固まりの程度の強いところほど浸食抵抗が増し、係数が小さめになるものと解釈できる。

最近、Hickin・Nanson²⁾ は、西カナダにおける蛇行の移動速度を解析して、河岸の浸食抵抗が土質に密接に関係し、細砂の場合が最も弱く、これより細密な粘土の場合にも、また粗大な礫の場合にも抵抗が増していくとの結論をえている。上記の結果は、これと一致するものといえよう。

謝辞：本研究をすすめるにあたり、文部省科研費特定研究「比較河川学の研究」(代表 岸 力)による援助を受けた。また、北海道開発局石狩川開発建設部より、貴重な土層断面図をお見せ願った。記して謝意にかえる次第である。

参考文献：

- 1) Ikeda, S., G. Parker and K. Sawai : Bend theory of river meanders. Part I., J. Fluid Mech. Vol. 112, 1981
- 2) Hickin, E. J. and G. C. Nanson : Lateral migration rate of river bends, J. Hy. Engin. Vol. 110, No. 11, Nov. 1984
- 3) 長谷川・佐藤：沖積地移行帯の流路変動に関する研究，土木学会北海道支部論文報告集，第41号，1985

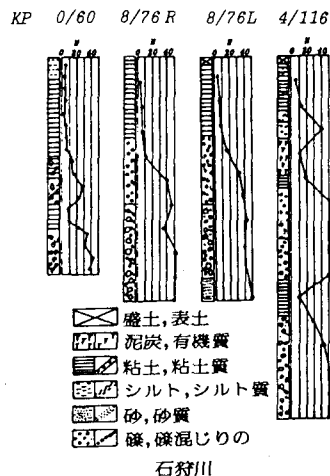


図-5 土層断面図と N 値

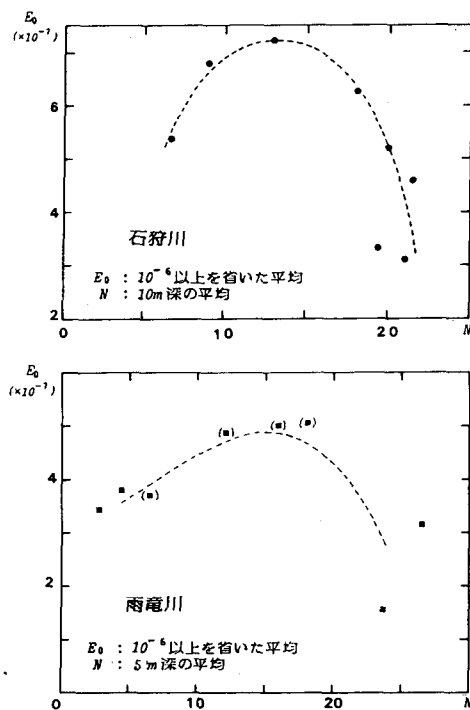


図-6, 7 係数と N 値との関係