

II-74 自然河川における卓越蛇行長と水理量の関係

北海道大学 工学部 正員 ○ 山岡 勲
 同 上 正員 長谷川和義
 北海道札幌土木現業所 正員 田畑 好孝

1.概要: 沖積平野を流れる自然河川の蛇行の平面形状を統計解析によって定量的にとらえ、とくに卓越蛇行長と水理量の関係を北海道における主要な河川 (fig. 1) について考察した。

2.調査河川と蛇行曲率変化のスペクトル密度: 石狩川、天塩川、十勝川の1899~

1956年の平面図によった昨年までの調査¹⁾に天塩川、名寄川、札内川、後志

利別川の1967年の北海道開発局の測量図(主として1万分の1)によ

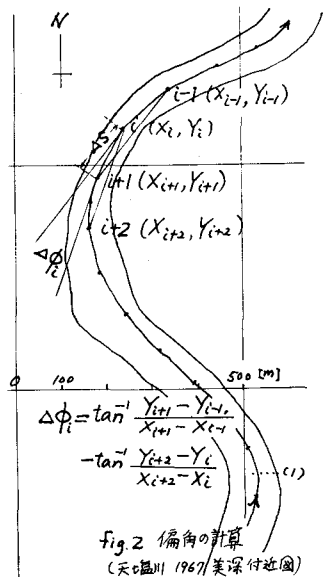
るものを加えた。蛇行平面形状を統一的に把握する方法としては fig. 2 に示す如く河道中心線に沿う ΔS ごとの偏角 $\Delta\phi$ ($\sum \Delta\phi_i$ は i 点の中値, $\Delta\phi/\Delta S$ はその点における曲率の近似値である) を計算し、 $\Delta\phi-S$ の形で曲率変化を離散系列として表わし、スペクトル密度解析を行う方法を採用している。なお赤地²⁾の三種の値のウィンドウによる修正の比較を行った。fig. 3 は推定スペクトル密度 $\hat{S}(k)$ の一例(天塩川 1956)で $\Delta\phi$ の系列変化は蛇行の平面的周期変化を表わしているから、蛇行の周波数分布と考えられ各河川によってその特性がみられる。

3.卓越蛇行長 λ : スペクトル密度の第1ピーク (Aピーク) に対応する波数の蛇行長を卓越蛇行長 λ とすれば、 λ は周波数の逆数 ($1/k = \Delta S/k$) として得られ、その値は各河川の各地域 (reach) 間における蛇行長測定値の平均値 $\bar{\lambda}$ とはかなり異なり、著者らの調査のものでは $\bar{\lambda} > \lambda$ の傾向がみられる。(第2ピーク 第3ピークをより意義ありとする論文もある)。

4.各河川地域毎の卓越蛇行長: 石狩川や天塩川のような大きい河川では流量、地質、谷こう配などの地域分類ごとにスペクトル特性が異なるから、上手な地域分けは蛇行形状の特性を浮きぼりにするはずである。ここでは水理量として流量を採りあげ、大支川の流入点ごとに区域分けした。各地域内のサンプル数は主として 100 [m] 間隔にとられた 300~2200 個である。各地域毎の λ の特性は①下流区域ほど大となる(ピークが低周波側へ移る)傾向、②河口近くの地域や小規模の河川では蛇行長系列のランダム性が強い。また経年変化では年とともに λ は小となる傾向がある。

5.卓越蛇行長と水理量の関係: λ は水理量との関係が深い、その一例として流量との関係を示したものが fig. 4 である。年最大流量の何%流量が最も蛇行形状に影響を与える卓越流量かという研究も

* fig. 3 にみられる如くピークは複数の場合も多く、大きいものから A, B, C とすれば低周波より高周波側へ移るようで、 λ に対し A を採ったが、Bピークが最も安定で持続的な蛇行長を表すという Speight⁽¹⁹⁶⁵⁾ 説。



行なわれているが³⁾、この調査では建設省の流量年表より平均年間総流出量(昭和31~41)を求め平均流量($Q_m = \Sigma Q / 360 \times 24 \times 365$)を計算して横軸にとった。その結果北海道河川に対しては

$$\bar{L} = 80 Q_m^{0.46} \quad [m, sec] \quad \cdots (2)$$

次に Chang, Toebes (1970) が米国 Indiana 州の Wabash 河について著者らと同様な手法で求めたスペクトル密度⁴⁾から $\bar{L}$ を算出して白印で fig. 4 にプロットしたが、指数は等しく係数が 1/3 倍ほど大なる (3) 式で近似できる。

$$\bar{L} = 100 Q_m^{0.46} \quad [m, sec] \quad \cdots (3)$$

また Ackers, Charlton (1970)³⁾ の論文には、英国 Wallingford 水理研究所 (H.R.S.) における定常流々周期函数的流量による蛇行水理実験の結果が $\bar{L} = 38.0 Q_m^{0.467} \quad [ft, sec]$,

$$\bar{L} = 60.8 Q_m^{0.467} \quad [m, sec] \quad \cdots (4)$$

と整理され、米国の諸河川の豊富な観測資料 ($Q_m = 10 \sim 10^4 \quad [m^3/sec]$) による Carlston (1965) の式が $\bar{L} = 106.1 Q_m^{0.46} \quad [ft, sec]$, $\bar{L} = 166.3 Q_m^{0.46} \quad [m, sec] \quad \cdots (5)$ で

示され、Nigeria の Kaduna 河の資料や Zeller (1967) のスイスの諸河川の資料も (5) 式に適合すること、米国と豪州における半砂漠地方の河川資料である Schumm (1967) の資料は指数は 0.46 に近いが係数が (5) 式の約 4 倍にもなることがあへられている。これらの $\bar{L}$ は著者らの $\bar{L}$ と異なる統計的平均値だが、Speight のものは B, C スペクトルピークに対する $\bar{L}$ である。一応 fig. 4 に併記して北海道河川の関係式の位置づけをはかってみたが、蛇行長と Q_m の関係式の指数はほぼ 0.46 に類似であり (0.5 に近似) たが係数が他の水理量によって異なると考えられる。そうして道内の各河川、各地域を通してその係数は 80 位でよいと考えられる。

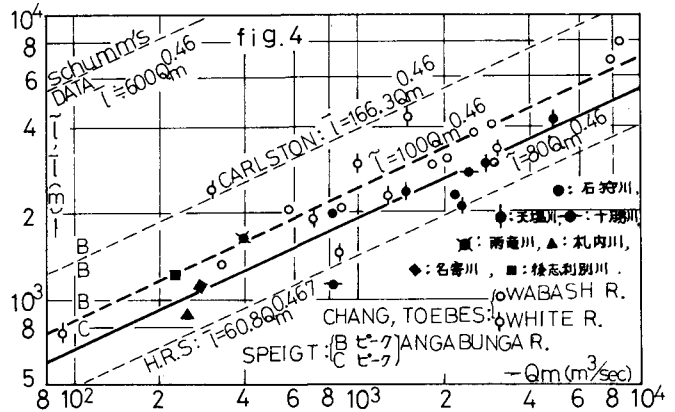
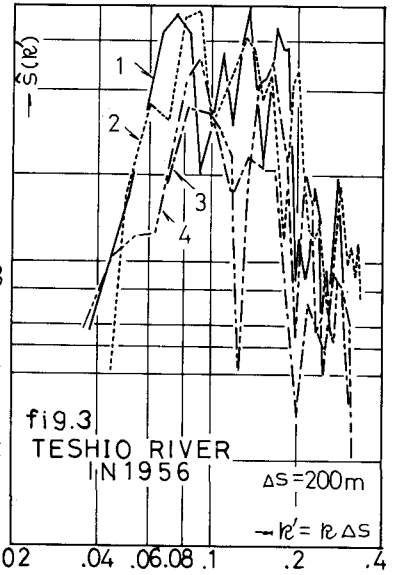
6. $\bar{L}$ と平均川幅 $\bar{B}$, 平均蛇行振幅 $\bar{W}$ の関係: 昭和毎年度の資料を加えても次の両式は変りなかった。

$$\bar{B} = 1.5 \bar{L}^{0.46} \quad \bar{W} = 0.2 \bar{L}^{0.46} \quad \cdots (6)$$

$$0.2 < \bar{L}^{0.46} < 0.3 \quad \cdots (7)$$

ただし、 σ : 谷内比長 = 蛇行長 / 蛇行波長, $\bar{L}$: ピークに対する $\bar{L}$ 。

一層きめり細かい解析が今後の課題だが、実用的な観点に立てば、以上の実験諸式から、一つの河川について Q_m が与えらるるか推定できれば、(2) などの式から $\bar{L}$ が推定されれば $\bar{B} = AS/\bar{L}$ から $\bar{B}$, さらに (6) 又は (7) 式から $\bar{W}$ 又は $\bar{L}$ が推定できる。勿論自然河川は単一周波数の蛇行から成り立っているとはいえないから、各河川のスペクトル密度のパターンの統一的表示や Δ 中の確率過程としての表示などが、今後の河川形態推定への研究道程に望まれよう。



文献: 1) 長谷川・木村・山岡: 年譜(III-91), (1984.11), 長谷川・藤田・山岡: 第6回災害シミュレーション論文集 (1984.10), 2) 赤池: スペクトル解析, 相関函数およびスペクトル (長谷川・山岡編) 東大出版会 (1984.3.2), 3) P. Ackers, F. G. Charlton: Meander Geometry Arising from Various Flows, Journal of Hydrology, 230-252 (1970.11), 4) T. P. Chang, G. H. Toebes: A Statistical Comparison of Meander Planforms in the Wabash Basin, Water Resources Research, (1970.4).