

II-123

規則蛇行形成の実態とその条件に関する考察

宇都宮大学 正員 須賀 堯三

1. 目的

河道の蛇行現象に関する流体力学的研究は、近年急速な進歩を遂げ、次の段階への模索状態にあると思われる。問題点としては、a)境界におけるせん断力の評価、b)2次流や組織渦の消長、c)局所的な流砂現象の取扱い、d)河床や河岸の耐侵食性の評価などがあり、解明がいそがれる。また、河川に存在する各種の蛇行形態やその現象について合理的な解釈を与えるには不十分な状況にある。この段階において、河川の蛇行の実態についての考察を行うことは重要である。しかし、この種の系統的な研究は少なく、実際面での基本方針策定上の拠所をいっそう明確にすることも必要である。筆者は、蛇行形態の分類¹⁾やその特性について主として実態に基づいて考察を行ってきたが、今回は規則蛇行をとりあげ、二・三の考察を行う。

2. 規則蛇行の定義づけに必要な事項

従来、河道の蛇行を中規模河床形態として捉え、砂州・砂れき堆を介して蛇曲・宇曲の分類に基づく考察が行われた²⁾。このような考えは河道の局所的な現象を考察するとき重要である。一方、大規模河床形態として捉え、山地蛇行(穿入蛇行を含む)、扇状地蛇行、不規則蛇行、強制蛇行、規則蛇行、その他蛇行というように、河道の形成要因を主体とした分類も必要である。ここにいう規則蛇行は上の分類の中で位置づけられる。これらの蛇行形態の特徴は、平面形状に端的にあらわれる。規則蛇行の平面形状の特徴は、a)わん曲の曲率が連続、b)比曲率半径が少、c)わん曲が大、d)流路幅がほぼ一定ということである。

3. 河川資料にみられる規則蛇行の存在とその条件

河川の資料として、全国主要河川写真集(41河川収録、建設省治水課・土研河川研究室、S.57.3)、石狩川²⁾、およびオリノコ川航空写真(ベネズエラ領内全域)をもちいた。国内資料では、おおむね改修工事が行われており、規則蛇行は旧川から判断した。オリノコ川はほとんど人工の手が加えられていないか、もしくはその影響の少ない河川と考えてよい。

全国主要河川写真集によると、規則蛇行が存在した河川は41河川中の14河川であった。形成条件を勾配と河床材料(現河道のもの、旧河道では不明)についてみると、a)砂利河川では土砂供給量が少なく勾配が比較的小さい場合 釧路川38~56km、沙流川 4~13、後志利別 1~18、尻別川17~22、雄物川 79~106、最上川38~58、羽越荒川2~7、加古川5~8、およびb)砂・シルト河川では、供給土砂が上流の強制蛇行区間で調整される場合 阿賀野川 1~27km、信濃川11~23、神通川 3~10、鬼怒川20~30、吉野川 2~24、筑後川32~45、である。前者については砂州・砂れき堆の発達が弱く、かつ河岸の耐侵食性が水勢にたいして大きいと考えられる。土砂供給量が多い場合には、勾配も大きくなり、扇状地河道としての特性が現れ、露岸等の特殊な条件がない限り、規則蛇行は生存しない。同写真集の範囲では、釜無川、富士川、千曲川、姫川、黒部川、那珂川、大分川等の例をあげることができる。つぎに後者についても前者と同様に砂州の高さが低く、河岸の耐侵食性が大きいことが必要条件である。自然堤防が発達している場合 例えば阿武隈川、木曽川、九頭竜川、千代川等 には規則蛇行は長く生存しない。また砂河川 例えば斐伊川、笛吹川等 では川岸の耐侵食性が小さく、掃流砂としての土砂量も多いので規則蛇行とはなりにくい。

以上の結果は、規則蛇行が存在するための必要条件の一部であり、このような条件を備えていても規則蛇行が必ず存在するとは限らない。オリノコ川の航空写真、軽飛行機による上空からの視察、および一部の地上踏査の結果、およびその他の資料から、規則蛇行が形成されている状況をまとめる。なお、河床材料はシルトを含む砂であり、狭窄部上流と支川流末部を除き、下流ほどシルト台が増大すると考えてよい。本川筋では、露岩のある狭窄部下流での若干のわん曲部、大きな支川の合流部におけるわん曲部、及びやや膨らみの大きいわん曲部等はみられるものの、主体は自然堤防の発達した強制蛇行であり、それが規則蛇行区間が

現れない内にデルタ区間に接続している。デルタ部では、土砂流入のある古い派川の上流部で規則蛇行が発達することがあるが、全般に多数次々と分岐した直線状河道から成っている。オリノコ川に流入する右支川は、おおむね高原あるいは山地から直接的に接続し、大きな氾濫原を有していないため、土砂流出も少ないと考えられ、規則蛇行は存在しない。ただし、比較的小さな支川で流域面積のわりに大きな氾濫原を流末部に有する支川では、2連の規則蛇行の下流に接続して2つの三日月湖が存在し、激しい変動を示す流路跡がみられる。左支川は5千米クラスのアンデス山塊を水源とする河川であるが、広大な氾濫原を流下の後、本川に合流する。例えば、アプレ川は流域面積12万 km^2 のうち約9万 km^2 が平原である。このような支川に存在する規則蛇行を原因別に大別すると次の4種類に分類することができる。a)山地から流下の後、不規則蛇行と強制蛇行に接続して大きな曲派水路が2～4程度出現することがある。縦断勾配の急変点にも相当するので、小支川の流入がある場合にはそれがインパクトにもなり得る。b)支川流末部には規則蛇行が現れることが多い。この場合小さな支川、あるいは小さな支々川ほど顕著となる。これは洪水ハイドログラフの規模とその時差の効果と考えられる。c)狭窄部の上流側には、土砂の堆積効果と強制蛇行の伝播速度の減速効果により規則蛇行ができ易い。d)その他としては、水路の途中に存在する池の上流側において出現するものや、分岐水路の発達過程に置ける土砂生産の影響により形成されるものなどがある。また、消衰過程にある水路においてみられることもある。

4. 考察結果の要約

全ての河道の調査結果ではないが、規則蛇行のおおよその姿を把握できたと考える。主要事項をまとめる。

a)不規則蛇行に対して規則蛇行と呼ぶことにしたが、平面形状の曲率が連続変化して大きな弧を描く水路を指し、同じような水路が規則的に連続するわけではない。多くの場合、ある条件が備わっているとき、何らかのインパクトにより形成され、それが下流または上流に影響を及ぼし、それぞれ形状の異なった大わん曲を1～4程度形成する。宇曲河道で3つ以上存在する砂州・砂れき長の長さが大きなものもこの中に含める。

b)インパクトの影響は上下流に及ぶが、主として下流に及ぶものとしては、強制蛇行の流末条件（例えば縦断勾配や粒径の急変）、何らかの原因で形成された砂州・砂れき堆、支川合流、分流水路における分流条件（流量と土砂量・粒径）などがあり、上流に及ぶものに、狭窄部における蛇行の伝播速度の減速効果、当該河川より規模の大きな河川へ合流する場合の大河川の背水とその減水効果などがある。なお、ここでは人工的なインパクトを除いている。また海進・海退期の影響を現在の標高からの評価を試みたが、明確な結論を得ることはできなかった。同様に、河口砂州や砂丘の形成とそのフラッシュの効果についても、否定・肯定とも不可能であった。

c)規則蛇行が形成される河道と水理量の条件は複雑である。資料から判断して主要の共通した条件は、時間的に穏やかな堆積区間（発達中のデルタを除く）であって、当該区間の局所的な水勢に対して適当な耐侵食性（砂・シルト、砂利）があり、上流からの供給土砂量は少なく、かつその変動も少なく、比高の大きい砂州・砂れき堆の発達はなく、自然堤防も軽微であることなどである。

d)不安定要因には、時間尺度の大きいものとして海水位の昇降、扇状地の伸延、規則蛇行の発達による水位上昇などがある。また、時間尺度の小さいものとして異常洪水や異常土砂流出に基づくものの他、河道の蛇行形状の不安定化および人工要因などがある。なお、規模の小さいものほど不安定である。規則蛇行河道は安定時には穏やかに変化しているが、条件の不安定化や異常外力により瞬時に変化することがあり、その影響は主として下流に及ぶ。三日月湖や旧規則河道が残るのはこのためである。

5. おわりに

以上は限られた資料からの推論である。これを実証することは容易ではないが、今後研究成果を積上げていくうえにひとつの方向を示し得たと考える。また理論的なアプローチにも役立つことを期待したい。実際面では、土質や植生なども含めて自然の条件は複雑であるが、計画の基本的な考えに資することを期待する。（参考文献）1)須賀堯三：水講 1985.2 2)木下良作：石狩川河道変遷調査、科技庁資源局資料36号 1961.11