

II-121 小河川の河道特性と拡幅に関する考察

宇都宮大学 正員 須賀 亮三

1. 問題の背景

小河川は大河川に比して注目されることが少なく、研究例も少ない。しかし、小河川の数も多く、近年における流域内の土地利用形態の変化および河川改修が活発であるから、その河道特性を明らかにし、改修上の基礎的な問題点について考察を行うことは重要である。

2. 小河川の定義とその特徴

小河川とは、通常流域面積が100km²以下の河川をいう。しかし、ここでは雨域のスケールと形状から判断すると、流域形状は多くの場合、細長形であるから、30～50km²程度以下の小河川を対象とする。また、低平地河川と都市河川を除く、扇状地性的小河川を考える。

このような小河川の河道と洪水の特徴を、大河川の場合と対比させると表-1のようである。

3. 平衡河道の流路幅と河川の実情

大洪水のあとでは河積が論議される。ここでは、下流河道における流量増の問題を除外して考察を行う。

レジーム論では流路幅Bは支配流量 $Q^{1/2}$ に比例するとしている。実際の河川では、川幅は上流の方が大きい場合はざらにある。山本¹⁾は $Q = B h u$ 、 $u = \varphi u_c$ の1次元等流の条件より、 $B = g \varphi^{1/2} u_c^{-3/2} i Q$ であるから、Bは iQ に比例するとした。ここで、河床材料は洪水時に河床に動く掃流力に応じて堆積したものと仮定し、 u_c は dm によって決まる（ φ も同様）と考えた。

土砂の条件をさらに明確にするため、比流出土砂量 $q_s = k A^{-0.7}$ と 流砂量式 $q_T = K d m^{1-P} u_c^{2P+1}$ 、 $K = a_s \{ (\rho_s / \rho) - 1 \}^{-P} g^{-P}$ より $q_s A = \alpha q_T B$ と仮定して、等流で平衡の状態の流路幅Bを求めると（kの内容として、 $q_s = k' i^m d m^{-n}$ おくこともできるが²⁾、本質的問題ではない）、

$$B = (g / \varphi)^{(2P+1)/2(P-1)} (\alpha K / k)^{3/2(P-1)} d m^{-3/2} i^{(2P+1)/2(P-1)} A^{-0.9/2(P-1)} Q^{(2P+1)/2(P-1)} \quad (1)$$

となる。掃流砂では $P \neq 1$ 、浮遊主体となると $P \neq 2$ 程度である。（1）式の結果で2つの疑問点がある。それらは、Bは $P = 1$ では決まらず、 $P = 1$ 付近で大幅に変化すること、およびkが大きくなるとBが減少することである。河床変動の過程を考慮していないので前者については議論を行わない。後者については、平衡理論では流出土砂量が多いとき流路幅が狭く、水深を大きくする効果によって掃流力を得ていることを意味する。河川の実情は逆の現象が生じていることを示している。その理由は、河岸強度と非平衡性にあると思われる。

上流から土砂が供給される沖積河川では、河床は一般に基本的には上昇過程にある。大河川では河床変動の速度は遅いが、小河川では速い。小河川において、侵食過程にある隆起中の一部の山地河川を除けば、扇状地はもとより、山地部においても河床は上昇を断続させている。それは、一般に流路幅を超越している。

4. 河川の年齢と土砂の効果

表-1 小河川の河道と洪水の特徴

項 目	内 容
洪水頻度 融雪洪水 大洪水頻度 （改修前） 大洪水の発生頻度の 近年における変化 洪水波形 合流条件の変化	20～30 mm/hrの雨で洪水発生、年に数回 豪雪地帯では高温と降雨により時間の長い洪水が発生 60～100mm/hrの降雨にて発生、頻度小 （全国的にみるとかなり多くの事例が発生） 洪水到達時間が減少している地域では、頻度増大 洪水規模増大（比流量の増大） 立上りが急、ピーク値大、減衰が早い 合流時差の減少、合流後流量の増大
土砂流出	山地部の河川では大 確率論的（崩壊） 決定論的（風化、ガリ侵食） 土砂生産の場と生活の場の距離が短く、直接的 時間的・空間的変動が大きい 侵食域と堆積域が生じる、大規模土砂流出は河道形状や 通常の構造物の効果を超える
流速 水深 流れ方	勾配が大きいとき、フルード数が1に近くなる 扇状地では浅い流れとなる（流路幅大） 土砂量が多いとき2次元的、流路は直線的 土砂量が少ないとき蛇行
溢水流（改修前） 流れの時間変化	河積が小さいとき、大洪水時に溢水流が生じる 溢流地点と運水点近傍で流速が大きい 特に支川合流点の上下流において、流量や流れ方が急 変する 流況変化に多様性がある
河床変動	通常洪水に対して河道の安定が得られている また河床は上昇過程にある河道が多い 支川合流、狭窄部上流、わん曲部、古い橋梁地点にお いて生じ易い 段波やアーマーズ・コートの破壊等によ り急激な河床変動が生じ易い 河道のわん曲、河積の縮断変化、支川合流点等にお いて顕著（土砂生産が確率論の場合） 掘込河道では急激な水位低下により残留間隙水圧が生 じる。堤防河道では、大洪水時に越水が生じ、また表 裏両面の洗掘があり、破壊しやすい

以上により、特に小河川では平衡条件にとらわれて河道を把えるべきではないことがわかった。したがって、種々の特性を有する小河川をその特性に応じて、例えば表-2のように、分類することが必要である。

表-2 小河川の河道特性による分類³⁾

勾配による区分	代表的河川	土砂量	河川の年齢	川幅	社会条件	異常現象	備 考
低平地河川	都市河川 田園河川	少 少		小 小	都市化 (園場整備)	溢水 溢水	都市の地理条件により異なる
扇状地河川 (山間部堆積区間) (山地河道の下流)	やや蛇行河道 直線の河道 直線の河道	少～中 多(風化) 多(崩壊)	古 古 若	小 大 大	(園場整備) 砂防、ダム 砂防	流路変動 河床上昇、流路変動 土石流、河床上昇	河床勾配はかなり小 土石流堆(新)ダム背砂区間もある 第4紀の隆起大、火山
山地河川	侵食河道	少～多	古～若		砂防、ダム	土石流、河床変動	

表-3 河川の年齢と土砂の効果による小河川の分類 (A = 10km²程度の場合)

年齢のオーダー	河道形成の主因	土砂生産の主因	q _s	河川の例	河床材料	Aのオーダー	Bのオーダー(■)	平面形	縦断形
100年	大崩壊	堆積土の流出	大	常盤寺川上流	礫・砂	1/15	100	網状	不規則
1万年	活火山	崩壊、ガリ侵食	大	大事沢(鬼怒川)	砂	1/10	50	直線的	一樣
数千万年	造山運動 第4紀の隆起	崩壊 激しい崩壊	中 最大	鬼怒川上流 祖母谷(黒部川)	礫・砂 砂、砂利(礫)	1/10 1/10	10 30	屈曲 ほぼ直線的	ステップ状 漸変
1億年	侵食された山岳部 若い準平原	わずかな崩壊と侵食 風化発達	小 中	逆川(那珂川) 洛東江支川	砂、砂利 砂	1/250 1/200	5(改修前) 10	蛇行 直線的	漸変 一樣
10億年	準平原	表面侵食	極小	テムズ川支川	砂、シルト	1/2000	(3)	蛇行	一樣

沖積地の地形形成には河川の年齢⁴⁾が関与している。小河川ではその効果が顕著である。表-3に河川の年齢による差を実例によって示した。表-3で流路幅に与える流量の効果は考慮外とした。また、山間部の堆積河道では谷の幅の影響もある。土砂生産原因で崩壊とあるのは現象が確率論的であり、河床変動や粒径の変化は大きい。風化の場合には流出土砂量はほぼ一定で決定論的現象と考えられる。河道の平面形は、流れが2次元である場合に直線的となり、川幅・水深比が小さくなって流れが3次元となると蛇行河道となる。

表-3では特徴を極端に表わすため、流域面積を小さくしたが、流路幅は土砂量とその粒径、および河川の年齢によって大差となることが明らかである。また、扇状地の発達とその変化の速度も土砂量と年齢によって異なる。小河川では殊に平衡理論の適用に無理があり、改修に際しての基本的な考え方は以上のような概念の理解のうえに立脚すべきである。

5. 小河川の河道拡幅に関する考察

小河川流域における土地利用は古い地層の場合にすすんでおり、ここでの改修が問題となる。大河川では引堤はほぼ終了(河床低下も進行)しており、低水路幅や低水路法線などが議論されるが、小河川では河積増大の要請が強い。この場合、小河川では表-1に示した諸問題の影響が顕著であり、特に高度土地利用と河道改修に基づく洪水到達時間の短縮と比流量の増大に留意すべきである。

土木事業によるハード的洪水対策案には、ダム・遊水地・遊水と保水機能の向上・放水路・粗度の減少等の他、掘削と拡幅・高水位の引上げなどがある。河川の立場からすれば、自然河道を尊重し、従来通りの氾濫を認容し、土地利用形態をそれに合わせるのがよいが、現実には掘削と拡幅が多く議論される。河道条件と流出条件が比較的に変らないのは、自然河道を低水路とした複断面水路とすることであるが、平地面積の小さい流域では土地利用面が制約される。掘削案では流路幅不変とするのはよいが、河床材料の変化・直線化・河道への流出時間の短縮・流速の増大・洪水到達時間の短縮・洪水ピーク流量の増大・減水速度の増大・地下水位の低下などの問題がある。水深の増大により、流れの3次元性が増大する場合には、河道特性は基本的に異なったものとなる。この場合、河川の年齢に見合った対策とし、長期的な変化を考慮した維持対応をはかることが大切である。

【参考文献】1)山本:年講 S.57,2)須賀:水工シリーズ S.58,3)須賀:関東支部年講 S.62,4)須賀:水講 S.62。