

河相に関する定義と河相の最変期が現在であることを昭和56年2月の木理講演会において述べた¹⁾。河相が急変する主要な原因は、河道改修のほか、全国平均で約 $\frac{1}{2}$ の流出土砂を捕捉するダムや砂利採取などの影響も考えられるが、この報告では流出土砂の観点のみから考えた場合の河相に現われる一般的な特徴について考察を行ってみた。なお、対象範囲は扇状地河道および扇状地河道の影響が残存する中間地河道とする。

1 流出土砂量と河相およびその変化

流出土砂は長年月を経て地形の形成に関与してきた。土砂の流出量が多い河川では、自然条件として流路の変遷が激しく生じ、合流点においては合流角度が 180° 近くにまで大きくなるなど合流角度の変化が著しく起ってきた。河川に対する人工要素の効果が大きくなってからは、堤外地盤が高まり、横堤の上流側に土砂が堆積し、河道内における砂礫堆の発達や蛇行の変化が著しくなった。このような河相の変化を定量的に判断するには、土砂量と時間の要素が重要であるが、長期変化の認識を基礎とした短期的な変動と河相の変化の現象が注目される。すなわち、河川は主として営力としての流出土砂量に応じて徐々に変化する途上にあり、河相の短期的な変化は流出土砂量の変化率に関係するので、変化率が大きくなり得る流出土砂量が多い河川において特に河相の急変の現象が顕著となり得る。なお、砂利採取等の顕著な人工要素に基づく河相変化を除外した。

河道における流砂の運動はストキャスティック・プロセスとして扱えられる。現実の河道は動的平衡あるいは静的平衡の状態ではなく、掃流力の縦断変化に対応した流砂量の連続条件が成りたっているわけでもない³⁾。その原因は、上流からの供給砂量と粒度構成の変化、河道におけるふるい分けとアーミング現象、先掘と堆積、砂礫堆の移動変形の現象などによるものである。したがって、河相を流砂からみる限り、同様な過程で変化するので河相の変化率は一定ではなく、河相の変動幅も流砂の巨視的な運動のプロセスに関連して定められる。なお、ここでも、ダムや砂防堤堰などの人工構造物の影響を除外した。

2 土砂生産量と河床の細粒砂の割合との関係

土砂生産量は、堤内外地盤高の差、合流点の変遷、分水路の変遷、海岸地形、自然堤防の発達の度合、山地の荒廃の度合(崩壊や林相)および土石流の痕跡などによって判断されるが、直接的にはダム堆砂量、砂防ダム堆砂量、河床変動量、砂利採取量および海岸侵食量などを総合して、流出土砂量とその変動量を把握した。

土砂生産の形態は、崩壊、風化、山腹と河道の侵食、河道堆積物の流出、開発に伴う土砂生産および火山活動に伴う土砂生産などである。通常は崩壊および河道堆積物の流出が支配的であると考えられるが、流出土砂量の多い河川では上流部における崩壊が顕著となっていることが多い。崩壊は地形と地質の条件と地表条件が基礎となり、外力としての降雨、積雪、地下水、気温および地震などによって発生するものと考えられる。通常は降雨の現象が主体であるから、降雨と崩壊、崩壊と流出土砂量の関係によって、ある一定規模以上の降雨に対して規模の大きい土砂生産が生起すると考えると、土砂流出が少ない年を除外したとき年土砂流出量はほぼ対数正規分布にしたがう³⁾。このときの標準偏差は流域面積や降雨の地域特性および基礎条件などによる。以上によって、流出土砂量が多い河川では上流山地における崩壊が多いと見当をつけることができる。ただし、ここにも留意すべき例外がある。それは火山灰性の堆積物やまさ土が顕著に分布している場合である。シラスやローム地帯の河川および斐伊川や矢作川などのようなまさ土地帯の河川がこれに該当し、異なった特性を示すので、ここでは除外して考察をすすめる。

山地における崩壊が主要な原因で流出土砂量が多くなる河川においては、河床構成材料の細粒分が多い。崩壊に起因する土石流では巨礫もあるが、大量の細砂が押し出している事実はよく知られており、ダムに堆積してい

る土砂も背水部を除くと大部分細砂であることが多い。これは流出土砂量が多い河川ほど顕著であると思われる。また、流出土砂量が多い河川の本川筋に建設された規模の大きい砂防堰堤においても堰堤の上下流部と際立って異なった細粒土砂が多く堆積していることが多い。縦断的な河床材料分布の粒径の変化点はあまり変わらないという事実もあって、大径砂の移動はわずかであり大部分の流送砂は細砂と考えてよいから、急激に堆積するダムや砂防ダムにおいては、堆積物の大部分が細砂あるいは微細砂なのである。このような河川の上流部においては多くの崩壊があり、その多くの崩壊は大量の細粒砂を生産するものと思われる。流下に伴う磨耗や粉碎はわずかであると考えられるから、土砂の生産時の粒度構成が下流の河道における河床材料の構成に支配的な効果を有すると思われる。逆に、細粒分が少ない河川では、山地における崩壊が少なく、林相が良く、保水能力が大きいので平常時の水量が豊富であり、水質も良いので鮎などの生息に適しているといわれる。それは河床の変動が少ないので水苔などの生育が良いからでもある。

3 細粒土砂の存在と河相の評価

河床の細粒土砂について、2通りの見方が必要である。ひとつは時間平均量であり、他はその変動量である。上流における崩壊を伴う大洪水のあとでは、細粒砂が多く流下し、河床材料の平均粒径は小さくなり、かつ縦断的な変化が減少する。この状態はその後の中小の洪水により、主として細粒砂が再移動し、平均粒径の粗大化と縦断的な変化が増大する。河床材料は上流からの供給砂とその粒度構成、ならびに洪水による輸送過程を通じて常に変化しており、現象を捉える時間尺度ならびにその変動幅が問題となる。

河相の概念は広い意義を有するものであるが、ここでは河道の形状に主として着眼し、その変化について考察を行う。このような河相のスケールでみると、河床材料の変化は一般には緩慢であるが、流砂の現象は間欠的であり、河相は時系列な変化を示す。

まず、細粒砂が多く、かつ縦断的に広く分布している河道では上流からの土砂補給が多い河川と考えられる。このような河道では、土砂が固結せず規模が大きくない自然の形状を保ち、砂礫堆が存在し、それが洪水毎に形状を変化させながら流下しているのが普通である。砂礫堆は蛇行流と相互干渉し、蛇行モードの変化により洪水中においても急変するが、河床は一般に上昇過程にあると考えられ、局所洗掘の現象は固定水衝部や構造物の周辺を除いて僅少と判断してよく、水位の上昇と横侵食の現象に留意すればよい。過去の水制等の構造物はこのような河相に対して策定されたものであり、河相の変化が僅少な場合は長く残されるが、河相が変化している多くの河川においては破損する場合が多い。水制の目的には、護岸、水はね、あるいは流路固定などがあるが、昔の水制で河相が変化しても残っているものは、埋没していたものが高所に存在するものである。

河川では土砂量の変化、すなわち平均値の変化と間欠性の変化が問題となる。多くの河川において土砂量の平均値が減少し、大量の土砂を伴う大洪水の頻度も減っていると考えられる。その結果、過去の状態に対して河床の細粒土砂が減少し、河床が低下傾向となる。河床の低下に伴い、流路幅が減少し、河床の勾配は小さくなるから、堰や床固の下流の落差は増大する。また、砂礫堆は規模が小さいほど移動速度が大きいのであるが、河床の低下に伴い、砂州高が増大し、冠水頻度の減少に伴い砂州の固結化が進行するので砂州の移動速度が小さくなる。その結果、河道の横断形は従来と異なったものとなり、局所洗掘が促進される。平面形状は同じでも、河床が上昇過程にある場合と低下過程にある場合とでは河相は全く異なる。そのときの河床材料は過去の粒度構成に比して細粒分が少なくなっている。このように、細粒分の比率によって、上流からの供給土砂量の推定を行うことができ河相の変化の様子を知ることができる。ただし、火山灰およびまき土が主体の河川および人工要素を除き、扇状地性河道を主体として考察をすすめた。

この報告では、裏付けとなる資料を省略し、基本的な事項を示して定性的な議論を行ったが、河相をみきわめることは河道計画の基本として重要である。なお、定量的に論ずるためにさらに目的に合った実測を必要とする。

(参考文献) 1) 須賀: 水講 (S. 56, 2)

2) 須賀, 島貴: 年講 (S. 51, 10)

3) たとえば 土屋, 石崎, 本間: 土研資料 438 (S. 44, 3)

4) 須賀, 島貴, 徳永: 土木技術資料 18-2 (S. 51, 2)