

論文の内容の要旨

論文題目 扇状地河川の粒度組成にみられる特徴と河床形態への影響
The characteristics of grain size distribution in
alluvial fan rivers and its effect on the bedform

氏 名 秦 夢露

扇状地河川における樹林化や河岸侵食など、河床の変動性に関する諸問題が指摘されている。しかし、国土に多様な地質構造を有する日本において、河道特性を規定する流域の地質・地形条件に注目した検討は少ない。従って本研究は、異なる流域地質の扇状地を対象に河床材料を計測し、その粒度組成の特性を定量的に評価し、流域地質との関係を明示することから始める。次に、それらの粒度組成の特徴と河床形態の特徴との関係について、扇状地スケール、小セグメントスケール、砂州スケールといった階層的な空間スケールで分析する。そして、各粒径集団が河床形態に及ぼす役割を水路実験で解明する。こうした一連の研究により、流域地質が扇状地河川の土砂動態、流路形態に及ぼす影響を解明するのが目的である。(第1章参照)

まず、扇状地に影響を及ぼすと思われる、流域の地質及び地形の二つの観点で、二種類の類型化を行った。地質の観点では、日本の全一級河川流域を9つに類型化した。地形の観点では、扇状地が形成された堆積場と活断層の影響に着目し、平野型・臨海型・大盆地型・小盆地型の4つの類型を提案し、各類型の地域分布特性および扇状地の特徴を示した。(第2章参照)

次に、小盆地型を除く3類型から、花崗岩、火山岩、付加体の割合が異なり、9種類の地質類型の内7種類を含む20の扇状地河川を対象に、河床材料を計測し、その粒度組成と流域地質との関係を分析した。その結果、以下のように河床材料の粒径集団の割合に明瞭な相違がみられた。花崗岩と火山岩は巨礫と大礫が多く、大礫が主要材料となり、付加体は、大礫以上の材料が少なく、中礫が主要材料となる。また、砂の割合は崩壊地の多い花崗岩流域が特に高く、双峰性の粒度分布となる。そして、すべての河川において、動態の異なる材料s (Sub材料) となる砂を含まない、材料m (Main材料) のみの粒度分布は対数正規分布に従い、扇状地の河床材料の粒度組成の特徴を材料sの割合と材料mの標準偏差を用いて定量的に評価できることを示した。そして、この手法を用いて流域地質による粒度の違いを定量的に表現できた。(第3章参照)

続いて、花崗岩流域の黒部川・常願寺川、火山岩流域の庄川・手取川、および付加体流域の大井川の扇状地を対象に、河床材料の粒度組成が、各扇状地における新旧河道の流路

形態及び河床形態の安定性に及ぼす影響を分析した。その結果、対象河川の流路形態は、小玉ら（1987）が実験で確認した、供給土砂の砂礫比が扇状地の形成に与える影響をよく反映していることがわかった。すなわち、大礫以上が多く砂の少ない火山岩の河川では、扇頂から放射状に新旧河道が形成され、それぞれに明瞭な扇頂溝と呼ばれる地形を伴い、最も安定している。一方、砂も多い花崗岩の河川では、扇頂で消長を繰り返してきた浅い扇頂溝が存在し、そこを抜けた後で扇面に放射状に分岐する。最後に、粒径が全体的に小さい付加体の河川では、扇頂から新旧河道は分岐して流れるが、扇頂溝を形成せず、扇端まで首振りをするため河道が最も不安定である。そのため、細かい旧流路がまんべんなく分布する。こうした違いは歴史的な河川改修にも現れていた。（4.1 参照）

また、粒度の違いは河床形態の安定性にも影響することを解明した。ここで、河床形態を表す指標として、結節点網状度、中州網状度という河床形態の複雑さを表す指標に加え、砂州の形状を表す結節点密度という指標を新たに開発し、これら三指標の変化を70年分の空中写真から分析した。その結果、粒度が全体的に小さい付加体流域では、比較的高頻度の小出水でも河床が大きく変動し、変動性は最も大きかった。それとは対照的に、粒度が全体的に大きく砂も少ない火山岩流域では、大出水がない限り河床変動が生じにくく、変動性が最も小さかった。一方、大礫と砂の両方が多い双峰性分布の花崗岩流域では、中小出水では火山岩流域と同じくらい安定するものの、大出水時に河床が一気に移動するため、変動性は中程度であった。これら、流域地質ごとの河床形態の変動性は扇状地全体の流路の変動性とも対応しており、付加体流域 ≧ 花崗岩流域 > 火山岩流域となる。（4.2 参照）

一方、扇状地河川には、地質によらず4種類の小セグメントがみられた。まず、扇頂部付近で山地河川同様の諸元を有するセグメント M がある。その次が扇頂溝の範囲と概ね一致し、D80~D90 の材料は τ^* が 0.03 以下となる巨礫で有り、これらが骨格材料となって河床を安定させ、河床勾配がほぼ一定で、川幅のみが徐々に広がる s1-①となる。その下流が、巨礫の半分程度の 64mm~256mm の大礫が骨格となるが、河床勾配は徐々に低下し、川幅が最も広がる s1-②となる。最後に、大礫以上の材料が少なく、 τ^* が 0.03 以下となる骨格材料は 1 割以下となるため、安定した骨格を形成できず、勾配がある値に漸近するようにどんどん減少しつつ川幅が急減して、蛇行原の緩勾配河川に漸近していく s2-①となる。しかし、河床材料の縦断分級の特徴には、地質によって差がみられた。火山岩の河川では、粒径加積曲線の形状を保つように細粒化していくが、これが基本形である。花崗岩の河川でも、同様の現象が起こり、流下と共に D80~D90 は小さくなっていくが、材料 s である砂の割合はそれと関係なく変動するため、粒径加積曲線の形状は安定しない。付加体流域では、基本的には細粒化が起こらず D80~D90 の材料は変化しない。しかし、砂と細礫の割合が流下と共に増加することによって平均粒径は細粒化していく。なお、このように勾配と川幅と粒径が各小セグメントで変化するが、平均年最大流量が流れている状態での τ^* は常に限界無次元掃流力である 0.05 から 0.1 程度であったことから、勾配と川幅と粒径は相互に調整していることもわかる。（4.3 参照）

最後にリーチスケールで、砂州の形状を結節点密度に着目して分析すると、河川間で大小が明瞭に分かれた。しかし、流域地質との対応関係は曖昧であり、材料 m のみに注目した材料の混合度が重要であった。これは材料 m の混合度が小さければ、洪水時に全ての材料が動くか動かないかのどちらかになりやすく砂州の形状が明瞭なのに対し、この混合度が大きければ、部分的に細粒分のみが移動するため、砂州に水みちを形成したり、これらの水みちや流路を埋もれてワンドとたまりを形成したりして、形状が乱れるからであると推察された。(4.4 参照)

この材料 m の混合度は、細礫集団の割合で決まっていたため、この細礫集団が結節点密度に及ぼす影響について、水路実験による確認を行った。その結果、細礫集団の割合が多いほど大礫や巨礫が流れに触れる面積が減少し、大礫や巨礫の動きを抑える働きが見られた。その結果、砂州上で流れが集中した場合、細礫集団の割合が少ないと明瞭な水みちが上下流と接続し、新たな流路となるのに対し、細礫集団の割合が多いと埋め戻しも生じ、不連続な流路となりやすかった。材料 s である砂が河床の空隙率を下げ河床全体の安定性に寄与する一方、砂州形状自体への影響は見られなかったのに対し、細礫集団には砂州形状を支配するという役割が存在した。(5 章参照)

このように、主に地質に起因する粒度分布によって、扇状地全体の河床形態、河床形態の安定度、扇状地上の小セグメント形成、結節点密度で表現される砂州形状が大きく異なることを示し、その背後にあるメカニズムと共にまとめた。そして、河床材料を粒径集団に分け、各々の粒径集団が各地の河道特性に応じて、どのように河床変動に寄与しているのかを検討することが重要であることを示した。すなわち、地域ごとに異なる粒径集団の比率に注目すれば、流下方向あるいは河川間で流砂に関わる諸問題がどのように異なるのかを理解することにもつながり、有効な河道管理方策の提案に資することができると考えている。(6 章参照)