

■論文題目	河床礫の調査方法における精度の検証と考察		
■氏名(学籍番号)	松浦元美(0412008084)		
■指導教員	吉木岳哉	■所属コース	環境・地域コース
■キーワード	礫	河床	葛根田川

I はじめに

河床や段丘の礫は、礫が運搬されたときの水文環境や気候環境を反映している。そのため、過去の洪水やそれをもたらした豪雨の頻度や規模など、礫を堆積させた環境を復元する指標の一つとして、礫の大きさは様々な研究に用いられてきた。

現河床を対象とすると、調査面積を広くしたり個数を多くしたりなど、調査目的に応じて精密な検証を行うことが可能である。これに対して、段丘露頭を対象とすると、調査面積が限定されたり足場が悪かったりなど、現河床の調査に比べて簡便な調査方法が求められる。しかし、従来段丘露頭で用いられてきた簡便な礫の計測方法と、現河床で行われてきた計測方法とを結びつける検討は十分に行われてきたとは言い難い。

そこで本研究では、段丘礫層の計測に適用可能な方法を現河床に適用することで、簡便な計測方法がもつ精度について、その誤差（ばらつき）や調査区画の面積による差異を検証する。

II 調査方法および調査河川

簡便な計測方法として、本研究では河原を構成する礫のなかでも大きい径の礫に限って検討する。各調査区画につき、径の大きいものから順に 16~20 個の礫を用いた。限られた面積の調査区画のデータがその河原の礫として代表性を有しているのかを検証するため、各調査地点に 4 つの調査区画を設置した。4 つの調査区画で得られた礫径の最大値と最小値の差を誤差とし、誤差を全地点で平均することで、各礫径順位がもつ誤差を検討した。

表 1 検証した計測方法

2m法 [D ₂]	10倍法 [D ₁₀]
・2m×2mの正方形	・河原の最大礫径×10を一边とする正方形
・大きいものから16個	・大きいものから20個

また、調査区画の面積によって、調査結果にどのような差異がみられるのか、具体的には、小面積から得られた結果が礫径に関して十分な分解能を保持しているのかを検討するため、調査面積の異なる 2 つの方法を比較した（表 1）。一つは、2 m×2 m の範囲の礫を計測する方法で、以下 2 m 法と呼ぶ。しかし、2 m 法では、上流域のように礫径が大きくなると、調査区画に含まれる礫の個数が減少することがある。そこで、礫径に応じて調査区画の面積が変化する 10 倍法を比較対象とした。10 倍法は、河原を見渡して最大と見られる礫径の 10 倍の長さを一边とする調査区画である。上流域では最大礫径が 1 m を超えるため、区画の一边の長さは 10 m 以上になる。段丘礫層への適用を意識した 2 m 法が、広い面積の礫を計測対象とした 10 倍法と同様の結果を示すのかを検討する。

次に、得られた計測結果が、河川の水文環境、とくに掃流力の変化を記録しているのか、実際の河川に沿って礫径変化を見ることで検証する。掃流力は基本的に河川の流量と勾配に比例する。河川の流量が変化せず勾配だけが減少する河川があれば、礫径は勾配変化に対してのみ反応するはずである。雫石町を流れる葛根田川の玄武温泉～竜川合流点までの区間は、大きな支流が合流せず、側方から礫が流入するような斜面にも接していない。また、河床に岩盤が露出したり、河道の狭窄部もないことから、礫径は勾配と非常に高い相関を示すことが期待される。そこで、調査地点の上流・下流方向に等高線間隔 10 m の区間の平均勾配 (tan) と計測礫径との対応関係をみることで、本研究の方法によって得られた結果が河川掃流力を反映しているのかを検討する。

最後に、支流や側方斜面からの礫の流入や河床の岩盤露出など、葛根田川に比べて条件が揃っていないが、河床勾配や礫径が葛根田川とは異なる河川に対しても、同様の礫の計測方法を適用した。調査地点は葛根田

川が竜川と合流した下流側の、雫石川から北上川の一関市川崎までの区間である。各々の方法を用いて、全区間で9地点で礫径計測を行った。また、礫径の変動を詳細に把握するため、2 m法を用いて全区間で16の調査地点を追加した。

III 結果

1. 調査区画の地点代表性の検証

全調査地点の平均で見ると、代表値の誤差が小さくなる礫径順位は、2m法ではおおむね第8位、誤差約 $\phi 0.2$ 、10m法ではおおむね第3位で誤差約 $\phi 0.2$ であった。そこで、以下の議論では、礫径順位を用いる場合には第8位、平均値を用いる場合には第3~16位を用いた。

2. 2つの方法の比較

2 m法 [D_2] と10倍法 [D_{10}] の第8位礫径 [$D_{2(8)}$, $D_{10(8)}$] を比較すると、 $D_{10(8)} = 1.59D_{2(8)} + 4.23$ ($R^2 = 0.96$) の関係が得られた。平均礫径では $D_{10(3-16)} = 1.57D_{2(3-16)} + 4.11$ ($R^2 = 0.95$) であった。どちらの方法でも、第8位礫径と平均礫径との間には非常に高い相関があり、礫径の増減傾向も同調する。

3. 礫径と勾配との対応関係

葛根田川において、河床勾配 [S] と礫径との間に、2 m法では $D_{2(8)} = -0.06S - 7.71$ ($R^2 = 0.80$)、 $D_{2(3-16)} = 0.10S - 9.35$ ($R^2 = 0.95$) という関係が、10倍法では $D_{10(8)} = -0.11S - 8.02$ ($R^2 = 0.91$)、 $D_{10(3-16)} = -0.10S - 8.17$ ($R^2 = 0.90$) という関係が得られた。どちらの方法でも、礫径と勾配との間には高い相関があることが確認された。

竜川合流点より下流側を含めると、2 m法では $D_{2(8)} = -0.40S - 7.21$ ($R^2 = 0.43$)、 $D_{2(3-16)} = -0.4S - 7.19$ ($R^2 = 0.40$)、10倍法では $D_{10(8)} = -0.49S - 7.34$ ($R^2 = 0.35$)、 $D_{10(3-16)} = -0.49S - 7.32$ ($R^2 = 0.35$) という関係が得られた。礫径と勾配との相関が低くなり、礫径が下流に向かって小さくなる傾向も明確ではなくなった。

IV 考察

第8位礫径では2 m法でも10倍法でも調査区画間の誤差が第9位以降の順位と変わらなくなるほど小さくなる。簡便性を考えると、より小さい順位の礫径を使用することが望まれることから、第8位礫径を用いてその地点の河床礫の代表値とすることが適当と考えられる。ただし、その礫径には $\phi 0.2$ 程度の誤差が含まれる。

次に、調査区画の面積について考える。2 m法では、面積が常に一定で4 m²であるが、礫径に応じて調査地点毎に面積が変わる10倍法では、今回の調査地点の場合、196 m²から4 m²までの幅がある。このような差違のある方法で得られた結果には R^2 の値で0.95以上の非常に高い相関が確認され、今回対象とした礫径程度の河原であれば2 m法でも十分に河床礫径の差違を記録できていると判断される。この関係は平均礫径でも確認されることから、2 m \times 2 mの調査区画の第8位礫径によって、河床礫の大きさを近似できると見なせることになる。

葛根田区間の礫径は、河床勾配の減少に比例していた。これは、今回の簡便な2 m法で得られた結果が掃流力の変化を十分に記録していることを意味しており、礫径の調査方法として妥当であったことを示唆する。竜川合流点より下流については礫径と勾配との関係が不明瞭になったが、これは勾配以外の影響、すなわち支流からの礫の供給等が、現河床の礫径に強く影響を及ぼしていることを示唆すると考えられる。