

「研究」

熊本県緑川流域における河床礫の分布様式の検討

藤澤 聖史* 田中 均**

はじめに

今回、新しく改訂された学習指導要領では、小学校5年理科「流水の働き」の学習内容の中に、「川の上流と下流によって、川原の石の大きさや形に違いがあること」という記述がある。

では、我々がもつ一般的な河床礫のイメージはどうだろうか。教科書(有馬朗人他, 2011)には、「上流の石は大きくて角ばった石が多く、下流の石は小さくて丸みをもった石が多い。」と書かれている。しかし、それほど上流でなくても大きな礫が存在していたり、上流側の方に小さな礫が存在したりすることを見た経験から、本当に教科書通りの礫分布なのかという疑問を抱いた。

また、今回の学習指導要領では、「実感を伴った理解」という言葉が付け加えられている。「実感を伴った理解」の解釈の一つが、「実際の自然や生活との関係への認識を含む理解」である。つまり、子ども達が実際に身近な川や河床礫を観察し、なぜ、このような河床礫の分布・形態をしているのかを考え、議論することが「科学的なものの見方」につながっていくものと考え。

そこで、本研究では、実際の河川の河床礫の分布様式を明らかにすることを目的として、礫種、礫径、円磨度を調査し、河川勾配、流路形態、後背地の地質との関係について検討を行った。

調査地

本研究では、熊本県の中央部を東西に流れる緑川を調査対象とした(図1)。緑川は九州山地を源とし、有明海に注ぐ総延長76 kmの一級河川である。黒瀬川帯や肥後帯を後背地としているため、河床に分布する礫種が多様である。

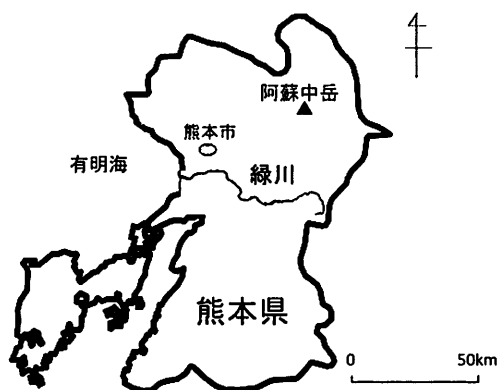


図1 緑川の位置

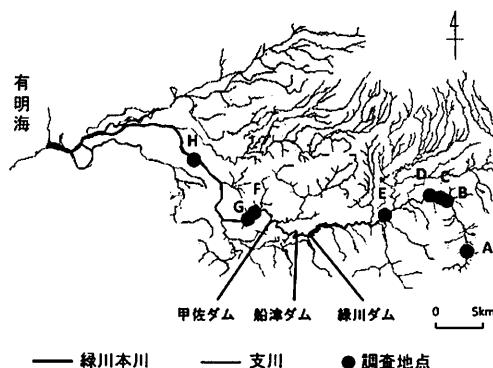


図2 緑川水系図と調査地点

調査地点は、緑川本川で8地点(27ヶ所)、支川で49地点(64ヶ所)である(図2, 3)。

本川では、川原の広さに応じて1地点につき複数ヶ所で調査を行った。ただし、本川には上流より緑川ダム・船津ダム・甲佐ダムの既設ダムがある。したがって、その流域では川原が存在しなかったり川原に降りることができなかったりして調査を行っていないため、調査地点の間隔には偏りがある(図2, 4)。

また、支川については支川を取り囲む地質体起

*山都町立中島小学校, **熊本大学教育学部
2011年10月21日受付, 2011年11月11日受理

源の礫が確認できるように，なるべく本川との合流点に近い地点で調査を行った．

本論では，主に本川の調査について述べることにする．

緑川本川	8地点	(計27ヶ所)
上流	A 砂防ダム上	4ヶ所
	B 青葉瀬	2ヶ所
	C 青葉瀬南	3ヶ所
	D 小中竹	2ヶ所
	E 猿ヶ城	3ヶ所
	F 打出	3ヶ所
	G 井戸江	3ヶ所
下流	H 乙女河原	7ヶ所
支川	49地点	(計64ヶ所)

図3 緑川流域の調査地点

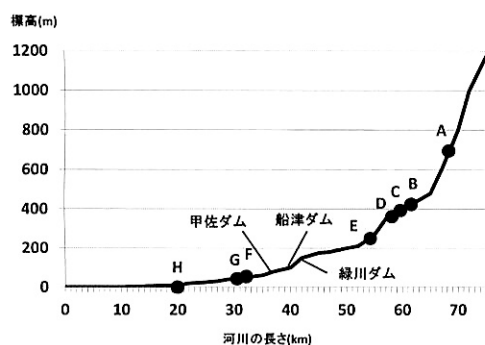


図4 緑川本川の河川勾配図と調査地点

研究方法

1. 1ヶ所につき，1㎡の枠で囲んだ河床礫

100個をランダムに採取する

① 今回，1㎡の中に入りきれない巨礫がある場所の調査は省いた．

② 川原が広い場合，サンプルの場所に偏りが出ないように数カ所の区画を作り，その中から1ヶ所ずつサンプリングを行った．支川は，基本的に1つの川原に1ヶ所の調査を行った．



図5 H地点・乙女河原の様子

③ 同じ川原の中でも，礫の大きさにばらつきがある場所もある（図5）．そこで，川原全体を見て平均的な淘汰度を示す場所で調査をした．

④ 1㎡の中でも場所によってサンプルに偏りがでないように，9区画に分けてその中でも大きいものから11個程度，計100個になるように採取した（図6）．

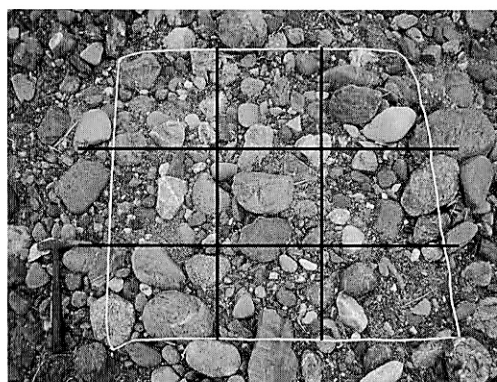


図6 1㎡のサンプリング

2. 礫種ごとに礫の大きさ・円磨度を調べる

礫種ごとに大きさ・円磨度を書き込む表を作り，礫を1個ずつ分類した

礫種は，泥岩，砂岩，礫岩，チャート，石灰岩，花崗岩及び閃緑岩，安山岩，溶結凝灰岩（火砕流堆積物），酸性凝灰岩，緑色岩，結晶片岩，蛇紋岩，その他である．結果では，その他を除く12種類でまとめた．

礫の大きさの分類は，礫の長径をもとにした．

2～4mmの細礫については，礫種判定が困難で

あるため、中礫以上で調査をした。したがって、中礫（4～64mm）・大礫（64～256mm）・巨礫（256mm以上）の3種類である。

円磨度については、Powers(1953)の円磨度を参考にした（図7）。そして、Va（Very angular）、A（Angular）、Sa（Sub-Angular）、Sr（Sub-rounded）、R（Rounded）、Wr（Well rounded）の6つの記号で表した。

Va → A → Sa → Sr → R → Wr になるほど円磨度が高く丸くなっていく。今回、これらを Va～A、Sa～Sr、R～Wr の3区分でまとめた。

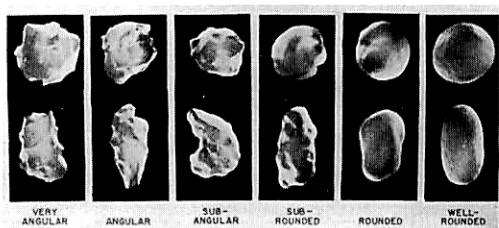


図7 円磨度（Powers, 1953）

結果と考察

1. 調査地点と円磨度の関係

調査地点と円磨度の関係を図8で示す。

調査地点最上流部のA地点では、Va～Aを示す割合が29.8%ほどと高いのに対して、調査地点最下流部のH地点では、Va～Aを示す割合は3.3%ほどであった。また、A地点のR～Wrを示す割合は2.5%と低いのに対して、H地点ではR～Wrを示す割合は20.7%と高い（図8）。

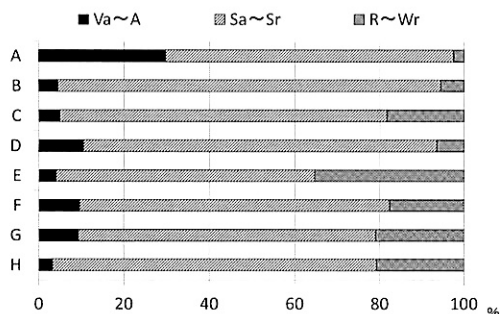


図8 調査地点ごとの円磨度

したがって、A地点とH地点の比較では、上流側が円磨度の低い割合を示す礫が多く、下流側が円磨度の高い割合を示す礫が多いことがわかる。つまり、一般的なイメージにあてはまる。

しかし、その間の調査地点では、上流から下流にかけて一概に円磨度が高くなっているとは言えない。

1) C地点とD地点の円磨度の比較

まず、C地点より下流のD地点でR～Wrを示す礫が減っているのは、泥岩・砂岩の割合の違いによるものである。C地点のR～Wrを表す泥岩・砂岩の全体における割合は、15.7%であるのに対して、D地点のR～Wrを表す泥岩・砂岩の全体における割合は5%である。

つまり、比較的削られやすい砂岩・泥岩がC地点の方に多いため、上流側のC地点が下流側のD地点より円磨度が高くなっている（図9）。

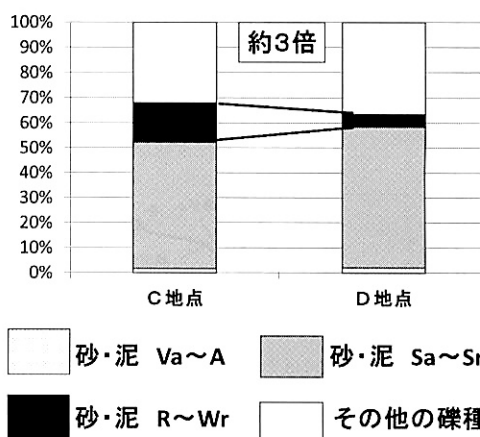


図9 C地点とD地点における泥岩・砂岩の円磨度の割合

2) E地点の円磨度について

E地点では円磨度が高い割合を示す礫が多い（図8、10）。これは、河川の流路に関係があると考えられる。この地点は、緑川の中でも蛇行が見られる場所である（図11）。蛇行によって、流路や流速・流量が影響して円磨度の高い中礫が堆積している可能性がある。今後、より詳細な調査・解析が必要である。



図 10 円磨度の高い中礫が存在する E 地点の川原



図 12 砂防ダムの上の様子



図 11 E 地点における蛇行河川



図 13 砂防ダムのさらに上流の河川

2. 調査地点と礫の大きさの関係

調査地点と礫の大きさの関係を図 14 で示す。

1) A 地点, B 地点の礫の大きさについて

図 14 のグラフを見ると、礫の大きさには上流と下流で規則性はない。特に、巨礫の分布にいたっては、調査地点最上流の A 地点においても巨礫の割合が少ない。これは、砂防ダムの上で調査したことにもよる。砂防ダムの上では、水の流れが緩やかになっているため、比較的小さな礫が堆積しやすくなっている (図 12)。

ただし、これより上流側は、河床礫は少なくなり、1 m を超えるほどの巨礫が存在するようになる (図 13)。

また、B 地点には、巨礫が存在しない。これは、人の手が入っているためである。

子ども達が理科の授業で現地学習を行う際は、安全性や利便性を考えて学習の場を設定する。しかし、このような人の手が入っている場合は、地形が変化し、それに伴い礫分布も変化する可能性があるということを教える側が常に認識しておく必要がある。

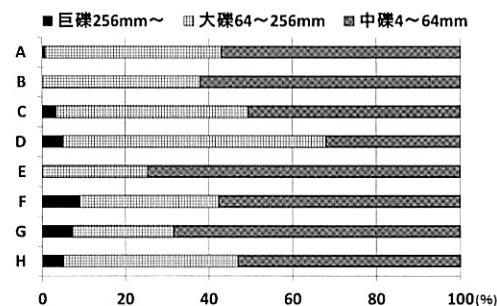


図 14 調査地点ごとの礫の大きさ

2) F, G, H 地点の巨礫について

F, G, H 地点では巨礫がさらに増えている（図 14, 15）。これは、ダム建設以前に運搬されてきたものである。その理由を巨礫の供給源で述べる。



図 15 F 地点の川原の礫

まず、供給源がダムより上流にあると仮定する。しかし、ダムは普段は水が溜められているので、例え巨礫が上流から流されてきたとしてもダム湖に沈んでしまい、放流によりダムから流されるとは考えにくい。したがって、ダムより上流からの巨礫の供給は難しくなる。

次に、供給源がダムより下流にあると仮定する。しかし、ダムから F 地点までのわずか 5 km あまりで円磨度が高い巨礫ができるとは考えにくい。（図 4）かつ、F 地点においては、その間に本川に流れ込む支川は 1 本である。これほどの巨礫を運ぶだけの供給源はダムより下流には存在しない。

また、F, G, H 地点で見ることができる砂岩やチャートなどの礫種は、ダムより上流側にも多く分布している。

これらのことから、F, G, H 地点の巨礫は、ダム建設以前に運搬されてきたものと考えられる。

ただし、今回の調査地点には含めていないが、ダムの下では巨礫が存在している（図 16）。

これは、ダムが存在することによって、「アーマーコート化」（高橋 裕，2009）が進んだものと考えられる。アーマーコートとは、砂のような小さな材料が水流によって移動することにより、河床

に巨礫が見られる現象である。ダムがあることで、上流からの水の供給が減り、巨礫を押し流すだけの力がなくなることによって生じる。

船津ダム下流付近に巨礫が存在するのは、この現象のためと考えられる。

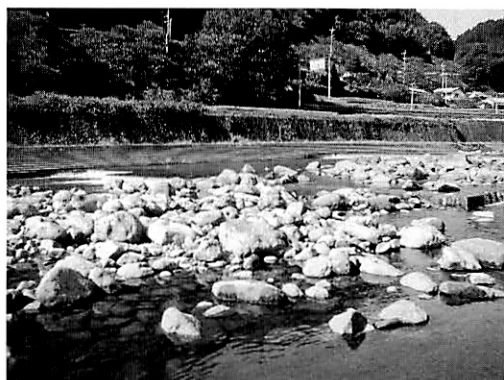


図 16 船津ダム下の巨礫

3. 礫種と円磨度の関係

礫種と円磨度の関係を図 17 で示す。

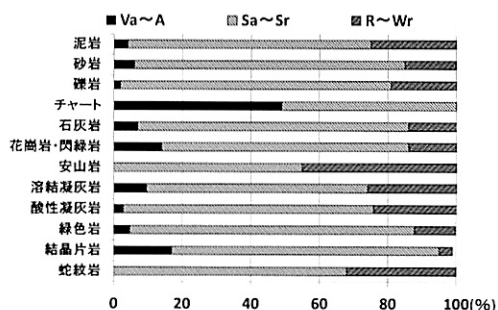


図 17 礫種と円磨度の関係

1) チャート

チャートは、硬く不均一に割れるため、上流・下流に関係なく円磨度は低い。

2) 泥岩・蛇紋岩・安山岩

泥岩の一部である頁岩などは薄く割れるため、全体が球形になるというよりは、角が取れた平たい泥岩の礫になりやすい。

蛇紋岩は、削られやすいので円磨度が高い。

安山岩の礫の円磨度が高いのは、供給源に原因がある。その供給源は、緑川本川の北側に位置す

る阿蘇カルデラの南側斜面である。標高 900 m 地点から流れる大矢川や笹原川は、本川の合流に至るまで支川延長 30 km ほどの緩やかな勾配で流れている。したがって、このような支川から供給されたと考えると、その円磨度は高くなるだろう (図 18)。

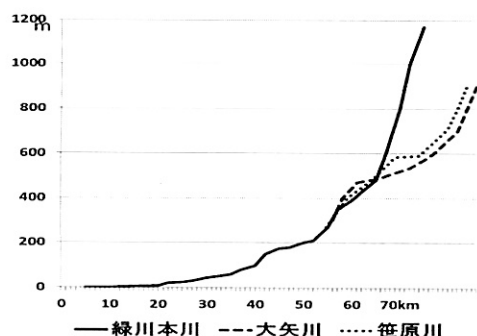


図 18 緑川・大矢川・笹原川の河川勾配図

3) 結晶片岩

結晶片岩は円磨度が低い。これは、結晶片岩が片理構造をしているので、薄く平らに割れやすい性質をもつからである。

また、結晶片岩の供給源の一つである地質体を流れる支川 (筒川) が F 地点の上流で合流することや、その支川が大きいので、あまり削られることなく流れてくるため円磨度が低い。

ちなみに、筒川の河床礫調査 3 地点での結晶片岩の割合は、全体の 43% を占めており、そのうちの 63% は Va ~ A を示す。

4. 礫種と大きさの関係

礫種と大きさの関係を図 19 で示す。

泥岩、蛇紋岩、石灰岩、安山岩は中礫を示す割合が大きい。また、溶結凝灰岩と礫岩は、同じような巨礫・大礫・中礫の割合をしており、他の礫種と比べて巨礫の割合が高い (図 19)。

1) 泥岩・蛇紋岩

これらの岩石は、ハンマーで叩いてみると分かるように、比較的割れやすく崩れやすい。したがって、巨礫はあまり存在しない。

2) 石灰岩

石灰岩については、水に溶ける性質をもつので、

比較的小さくなりやすい。しかし、巨礫も 1.5% ほど存在している。これらは、全て結晶質石灰岩である。結晶質石灰岩は、石灰岩が再結晶作用を受けた緻密な粒状の集合体であるため、均質で大塊ができやすい。

3) 安山岩

礫種と円磨度の関係でも述べたように、比較的に長い支川を流れてくる段階で小さくなっている。

4) 溶結凝灰岩・礫岩

溶結凝灰岩は、阿蘇の大火砕流で緑川本川と支川の谷を埋めている火砕流堆積物である。本川周辺にも、溶結凝灰岩の柱状節理の露頭が数多く見られる。その節理に起因するトップリング崩壊 (Muller, 1968) によって巨礫が形成されたのである (図 20)。

一方、溶結凝灰岩は比較的割れやすい岩石であるため、流されていくうちに小さくなる。

礫岩については、本川全体における存在割合が 0.93% と低く、資料数が少ない。したがって、礫岩の性質を述べることは難しい。

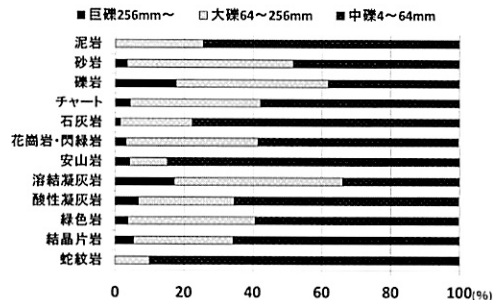


図 19 礫種と大きさの関係



図 20 柱状節理 (D 地点)

おわりに

河床礫の円磨度や大きさの分布は、教科書の記述にある「上流の石は大きくて角ばった石が多く、下流の石は小さくて丸みをもった石が多い。」ということとは違った部分があるということが明らかになった。

具体的には、本川の勾配や蛇行などの流路、さらにはダムなどの人工建造物により、流速や流量が変化するため、上流側でも中礫が堆積しやすくなったり下流側でも巨礫が現れやすくなったりする場所がある。

また、本川や支川の後背地から供給される岩石の性質により、礫の大きさや円磨度は異なる。特に、チャートは場所に限らず、円磨度は低く、蛇紋岩の円磨度は高い傾向にある。

しかし、蛇行河川の流れが礫の大きさや円磨度にどのように影響するのかは、今回の調査では確認することができなかった。今後明らかにしていく必要がある。そして、これらの研究内容を教材化して児童の「実感を伴った理解」につなげていくことが重要である。

また、調査結果のまとめ方によっては、礫分布の傾向がより明らかになりその要因もいくつか考えられるだろう。

ただし、本研究は「緑川」の河床礫の傾向を議論している。他の河川では地形や支川形態、地質体が変わるために、また違った河床礫の分布を示すことが考えられる。

文 献

- 有馬朗人ほか, 2011. たのしい理科5年－2. 大日本図書株式会社, 72pp.
- 地学団体研究会・新版地学事典編集委員会, 1996. 新版地学事典. 平凡社, 1443pp.
- 文部科学省, 2008. 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書株式会社, 105pp.
- Muller, L., 1968. New considerations on the Vajont slide. *Rock Mech, Eng, Geol*, 6, 1-91
- Powers, M. C., 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of sedimentary Research*. Vol. 23, No. 2, 117-119.
- 高橋 裕, 2009. 川の百科事典. 丸善株式会社, 794pp.