

地域素材を活用した地学の学習（4）

— 関連性を考えるツールとしての瀬野川の礫の円磨度 —

山崎博史

(2012年10月2日受理)

Geoscience Teaching using Local Geological Materials (4)
— Roundness of river gravels as a thinking tool of correlation —

Hirofumi Yamasaki

Abstract: Size, roundness, and composition of river gravels of three localities in Senogawa and Kumanogawa Rivers, Hiroshima city, were examined. Gravel roundness was observed quantitatively to change in relation to upstream-downstream change within Senogawa River, and was determined visually and precisely by using a diagram showing classes of roundness. Results of classroom experiments demonstrate that the activities of determination of gravel roundness was suitable for elementary school students, and that gravel roundness was useful for a thinking tool of the correlation between localities in relation to the function of running water.

Key words: function of running water, river gravel, roundness, correlation

キーワード：流水の働き、河床礫、円磨度、関連性

1. はじめに

平成20年3月に改定された小学校学習指導要領では、第5学年理科の単元B(3)「流水の働き」において、「(イ)川の上流・下流と川原の石」という内容が加わった。ここでは、「実際の川の観察では、上流には大きな角張った石が見られることや、下流には小さな丸みのある石が見られることなどから、上流と下流の石の大きさや形の違いをとらえられるようにする。」とあり、川原の石の観察を通して流水の働きを考える学習指導が求められる。

秦・長(1993)は、川の学習において、上流・中流・下流という概念が教科書的に抽象化されていること、また、板場ほか(2000)は、児童は経験から河床礫の多様性は認識しているも、一般化された特徴をもとに河床礫を捉えている可能性を指摘している。これらを受けて本藤ほか(2007)は、河川堆積物を理科教材として活用する際に留意すべき点のひとつとして、多面的に

考察することを促すような事象を扱う必要性を述べている。

自然の事物現象を学習する時、理科の授業では実験あるいは観察活動を行う。ここで実験とは条件コントロールによる規則性の発見を、また観察とは一定の視点をもって、時間経過や空間の中での変化・順序・位置関係を整理し、つながりや関係性を見出す活動と言い換えることができよう。

地学領域の内容を対象とした授業では、一般に観察を主体とする学習を構成することになるが、そこでは観察結果をつながりや関連性を考慮して捉えること、すなわち「傾向をつかむ」ことが大切だと考える。「傾向をつかむ」ことは予測や疑問につながり、学習内容の深化が期待される。また、こうした活動を行うとき、量的な扱いをすることが大切である(例えば矢野, 2012)。

本論では、河川礫を扱う際にその円磨度に注目した広島市立中野小学校での授業実践(2009年および2010

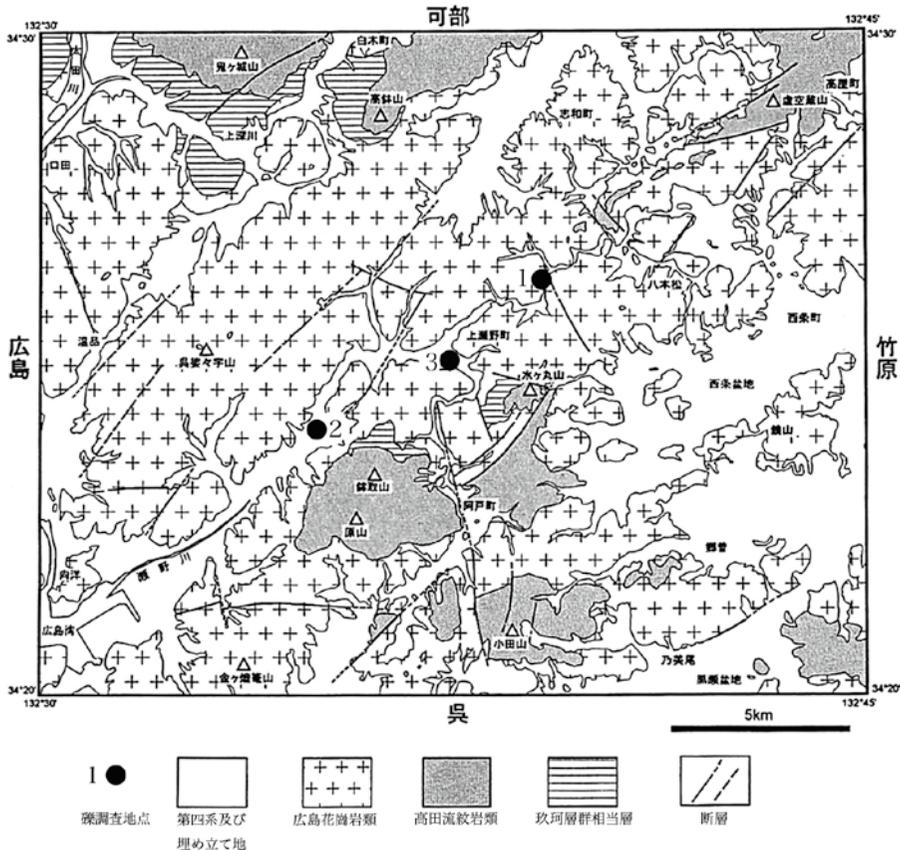


図1 広島県南部（海田市図幅地域）の地質概略図と礫調査地点（高木・水野，1999）に加筆）

年）の概要を報告し、関連性を考えるツールとしての礫の円磨度の有効性について検討する。

2. 地形・地質概要

研究対象とした地域は、広島県広島市南部の瀬野川流域である。瀬野川水系を含む広島市南部は、地質構造の特徴を反映して（高木・水野，1999）、北東—南西方向に併走する山列と谷の発達が顕著である（図1）。瀬野川は熊野川などの支流と合流し、標高600m級の山間を深く切り込みながら南西に約20km流れ、広島湾南部に注いでいる。平地は河口部付近を除いて狭い。

瀬野川水系の流域の地質構成は比較的単純である。本地域には主に白亜紀の広島花崗岩類が分布し、それに加えて熊野川流域では限られた範囲に白亜紀高田流紋岩類と三疊紀—ジュラ紀玖珂層群が分布している（図1）。広島花崗岩類は、主に花崗岩、花崗斑岩、閃緑岩、石英斑岩、およびアプライトで構成され、比較

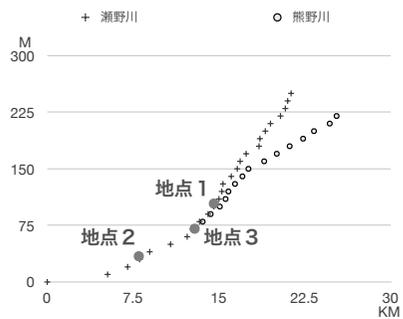
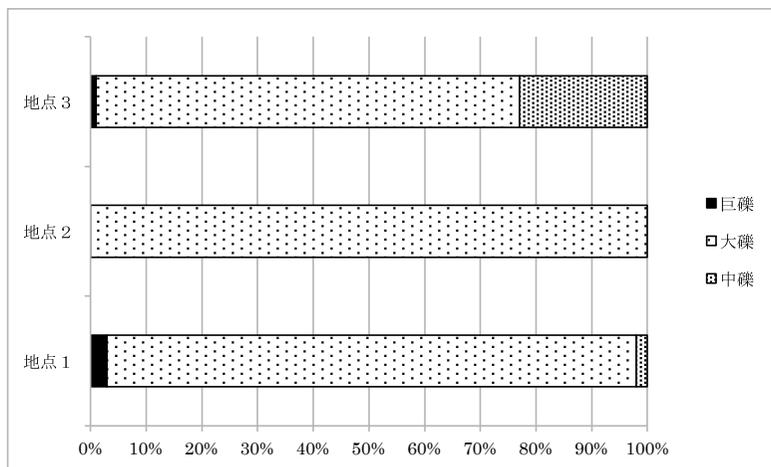
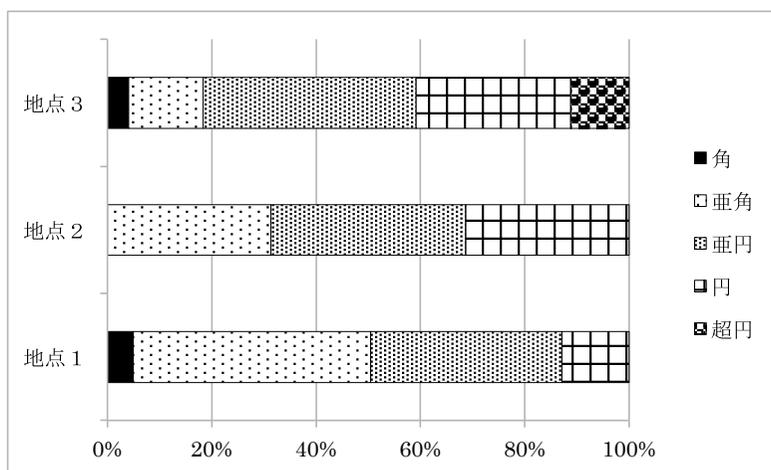


図2 瀬野川および熊野川の河床縦断面図

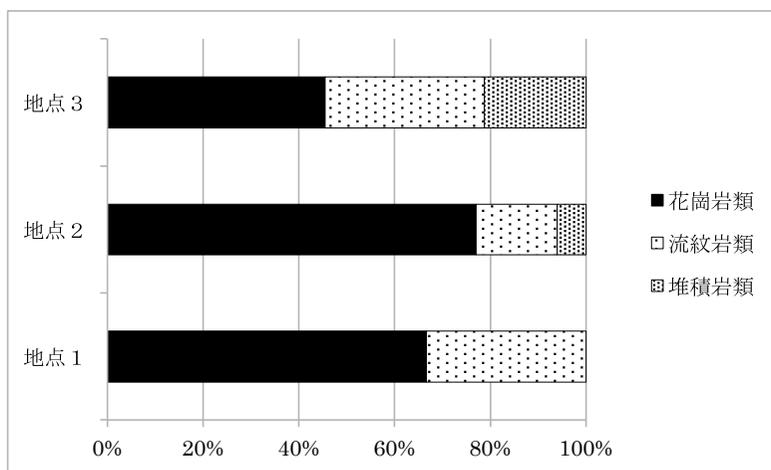
的なだらかな傾斜地を構成している。高田流紋岩類は主に溶結凝灰岩からなり、凝灰岩、凝灰質砂岩および泥岩を伴う。高田流紋岩類および玖珂層群相当層は花崗岩類のルーフペンダントとして、山地の比較的高所部に分布する。



礫のサイズ



礫の円磨度



礫組成

図3 3地点の礫の特徴

学習活動	支援の要点	評価（評価方法）
1. 前時を想起する。	<ul style="list-style-type: none"> ・瀬野川の観察に行った時の写真（川原）を提示する。 ・児童の気づきや疑問にふれ、今日の課題につなげる。 	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 川の上流と下流によって、川原の石の形には違いがあるのだろうか </div>		
2. 上流の石と下流の石の形を予想する。 3. 上流と下流の2地点で採取した川原の石を観察・分類する（班活動）。 4. 8班分のデータを1つ 5. グラフから分かったことや考えられることを発表する。 6. ゲストティーチャーの話を聞く。 7. 次時の予告	<ul style="list-style-type: none"> ・予想した理由を考えさせる。 <ゲストティーチャーの説明> ・形の判定基準を示し、形や手ざわりに着目させ、ワークシートに分類させる。 ・前時までに学習した「流水の働き」や生活経験を根拠に考えさせる。 <ゲストティーチャーの説明> ・石を採取した場所について ・流水の働きと瀬野川の関係について ・5年生への評価 ・庄原豪雨の新聞記事を見せて、関心を持たせる。 	石の観察・分類作業を通して、形の違いを調べ、記録することができる（行動観察・ワークシート）。

図4 指導案の例（広島市立中野小学校作成）

3. 河床礫の調査

授業実践のための基礎資料の収集を目的として、瀬野川および熊野川において、2009年9月、河床礫の調査を実施した。

(1) 調査地点

調査は、瀬野川で2地点（地点1：大山橋付近、地点2：中野東小学校横）および熊野川で1地点（地点3：一貫田交差点より約300m上流）の3地点で実施した（図1）。地点1、2は、河床勾配が比較的急な地点と緩やかな地点が選定された（図2）。地点3は、瀬野川との合流部付近で、ここから上流の熊野川は、瀬野川に比べて河床勾配が緩い。

(2) 方法

各地点において、一辺が1mの正方形の枠を設定し、その中にある礫を見かけ上大きいものから順に100個採取した。

採取した礫について、最大礫径の測定（ノギス使用）、円磨度の判定（Pettijohn et al, 1972の円磨度の程度のクラス分けの図（地学団体研究会, 1998）による）、および岩石種の同定を行った。

(3) 調査結果

3地点の礫の特徴を以下に記述する（図3）。

1) 礫のサイズ

各地点の礫のサイズは以下の通りであった。

地点1：大礫95%、巨礫3%、中礫2%

地点２：大礫100%

地点３：大礫76%，中礫23%，巨礫1%

３地点とも大礫が主体で、地点１と３は巨礫と中礫を伴う。

2) 円磨度

各地点の礫の円磨度の割合は以下の通りであった。

地点１：亜角46%，亜円37%，円13%，角5%

地点２：亜円37%，亜角31%，円31%

地点３：亜円40%，円29%，亜角14%，超円11%，角4%

地点２は円礫，亜円礫，亜角礫がほぼ同程度の割合を占めている。それに比べて地点１では円礫が減って亜角礫が増え，さらに角礫を伴う。地点３は，地点２に比べて亜角礫が減り超円礫が増えるが，一方で角礫も伴う。

3) 礫組成

各地点の礫組成は以下の通りであった。

地点１：花崗岩類66%，流紋岩類33%

地点２：花崗岩類77%，流紋岩類17%，堆積岩類6%

地点３：花崗岩類45%，流紋岩類33%，堆積岩類21%

これらのうち花崗岩類と一括した岩石種は，花崗岩，斑状花崗岩，花崗斑岩，閃緑岩，石英斑岩，アプライトである。また，堆積岩類には砂岩，泥岩，含礫泥岩，チャートが含まれる。

地点１と２では花崗岩類が7-8割，流紋岩類と合わせると9割以上を占めている。地点３は2割の，また地点２では1割未満の堆積岩を伴う。

このように3地点の礫組成は比較的単純であり，その後背地の地質をよく反映していると思えることができる。地点２と３で確認され，特に地点３では比較的高い割合を示す堆積岩類は，鉾取山北方あるいは水ヶ丸山西方に比較的広い分布域が知られており（図1），これらが主要な供給地であると考えられる。

4. 授業

(1) 授業内容の検討

河床礫の観察を取り入れた授業を計画する時，先行研究で指摘されている以下の3つの事項について検討した。その結果，瀬野川の2地点の河床礫について，その形（円磨度）を観察項目として取り上げ，結果を比較検討する授業内容とした。

1) 河床礫の分布様式は，一般的傾向に加えて個々の河川の特徴があることが知られている（板場ほか，2000）。

礫のサイズおよび礫組成についてみると，瀬野川の2地点の場合（地点1と2），一般的傾向，すなわち上流側ほどより大きなサイズの礫を含み，また下流側ほどより円磨された礫が主体となっている。しかし，熊野川の地点3と瀬野川の地点2を比較すると，上流側の地点3の方が地点2より，小さいサイズの礫が多いとともに角礫と亜角礫の和の割合が少ない。すなわち，一般的傾向とは異なる結果となっている。このことは，河床縦断面図（図2）に示されるように，熊野川合流地点より上流部の瀬野川は，河床勾配が急になっているのに対し，地点3より上流の熊野川の勾配は緩いことを反映していると考えられる。したがって，地点3とその他の地点との礫の比較を扱う活動はより発展的な内容になると考え，2010年の授業では考察が容易な瀬野川の2地点間の比較を行うこととした。

2) 岩質により破壊や摩耗の程度はそれぞれ異なる特徴を示す（Kodama, 1994）。

調査地点における河床礫の岩石種は図4の通り，瀬野川の2地点では花崗岩類が約7-8割を占めている。このため2010年の授業では，礫種毎の取り扱いが行わなかった。

3) 礫径や円磨度の測定を伴う活動によって，児童・生徒が自ら結果を導き出せるような授業展開が期待され，「流れる水のはたらき」をより効果的に理解できるものと考えられる（松川ほか，2010）。

礫径に関しては，3地点とも大礫が主体であり，違いや傾向を導き出すことが困難であると考えた。また，実際の測定作業ではノギスの使用が必要であり，限られた時間内での児童の活動として作業自体が不適当と考えた。

円磨度に関しては，超円・円・亜円の和と亜角・角の和の割合が，各地点でおおよそ5：5，7：3，8：2であり，地点間の違いを量的に把握できること，および円磨の程度を印象図により判定することで作業も容易であると考えた。

(2) 指導案の例

1) 目標

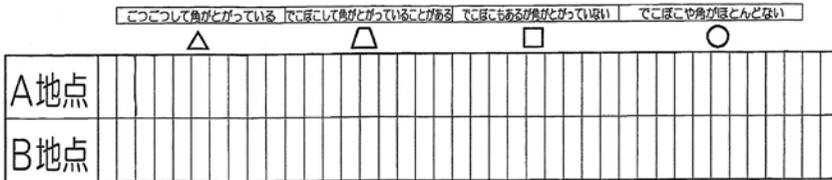
- ・河床礫を観察・分類する作業を通して，多様な形の石があることが分かる。
- ・2地点の観察結果を量的に比較して，類似点や相違

川の上流と下流によって、川原の石の形に違いがあるのだろうか？ 5 - ()

【予想】 上流の石と下流の石では、どんな違いがあるのでしょうか？ 絵と理由を書きましょう。

上流の石 (絵)	(理由) _____ _____ _____ _____	下流の石 (絵)	(理由) _____ _____ _____ _____
-------------	--	-------------	--

【結果】 地点ごとにそれぞれの石の数だけマス目をぬり、結果をグラフで表してみましょう。



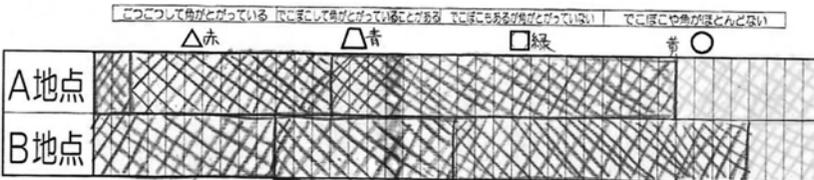
【結果から考えられること】
上のグラフのような結果になったのはなぜでしょう？ 流れる水のはたらきと関係づけて考えましょう。

川の上流と下流によって、川原の石の形に違いがあるのだろうか？

【予想】 上流の石と下流の石では、どんな違いがあるのでしょうか？ 絵と理由を書きましょう。

上流の石 (絵)	(理由) 上流の石はこんな感じ おおよそは四角か は長四角か 大きい ひがて いる 重い	下流の石 (絵)	(理由) 下流の石は丸いと思う 上流から下流にいくにつれて 石と石どうしかぶつかった けずられていくと思うから 下流で中でひびかかっている いたりますと思う
-------------	--	-------------	---

【結果】 地点ごとにそれぞれの石の数だけマス目をぬり、結果をグラフで表してみましょう。



【結果から考えられること】
上のグラフのような結果になったのはなぜでしょう？ 流れる水のはたらきと関係づけて考えましょう。

上流から下流に流れるにつれて角がとれてくるから

図5 個人活動用ワークシート1 (上図) とその記載例 (下図) (広島市立中野小学校作成)

1班		
石の番号	手ざわり(ごつごつ・ざらざら・つるつる など)	かたち(△・□・○)
①		
②		
③		
④		
⑤		
⑥		
⑦		
⑧		
⑨		
⑩		
⑪		
⑫		
⑬		
⑭		
⑮		
⑯		
⑰		
⑱		
⑲		
⑳		
㉑		
㉒		
㉓		
㉔		
㉕		
㉖		
㉗		
㉘		
㉙		
㉚		
㉛		
㉜		
㉝		
㉞		
㉟		
㊱		
㊲		
㊳		
㊴		
㊵		
㊶		
㊷		
㊸		
㊹		
㊺		
㊻		
㊼		
㊽		
㊾		
㊿		

図6 班活動用ワークシート2 (広島市立中野小学校作成)

点を見出すことができる。

- ・見出した事項を流水の働きと関連づけて考えることができる。

2) 本時の展開

本時の展開例として、広島市立中野小学校における実践(2010年11月)を図4に示す。なお、筆者はゲストティーチャーとしてこの授業に参加した。

本時に使用したワークシート1(個人活動用)とワークシート2(班活動用)をそれぞれ、図5および6に示す。図5では、児童によるワークシート1への実際の記入例も合わせて示している。

以下に本時の活動の概要を記述する。

学習活動2：上流の石と下流の石の形を予想する。

個人活動用のワークシート1(図5)に児童個人の予想を記入する。

学習活動3：上流と下流の2地点で採取した川原の石を観察・分類する(班活動)。

河床礫の調査で地点1および2とした場所をこの授業ではそれぞれ地点BおよびAとした。2010年11月、河床礫の調査の項で述べた方法により、A、B2地点でそれぞれ40個の礫をあらためて採取し、授業に供した。

8班それぞれに地点A、Bの礫を5個ずつ、計10個配布した。

分類活動は、班活動用のワークシート2(図6)および分類基準としての円磨度の程度のクラス分けの図(地学団体研究会, 1998)を基にした印象図(図7)を用いて行った。この図の中に示された礫は、左側から順に、超角、角、亜角、亜円、円、超円を示す。授業では、超角、角と亜角、亜円と円、超円の4つに分類することとし、それぞれの手ざわりや特徴とそれらを表示する記号も合わせて提示した。なお、6段階の

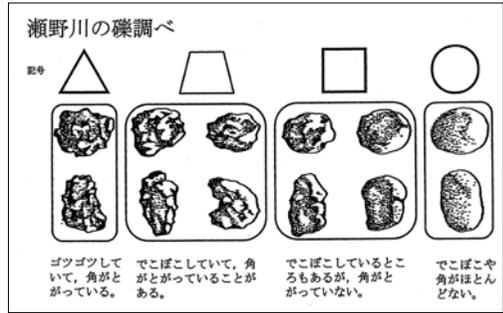


図7 円磨度の印象図 (地学団体研究会, 1998)に加筆)

区分をより単純に区分する際、超角と角、亜角と亜円、円と超円の3段階区分も2009年の授業で試行したが、角と亜角の区分および円と亜円の区分が難しいと感じた児童が多かったため、今回は上記の4段階区分とした。

学習活動4：8班分のデータを1つの表にまとめ、グラフ化する。

各班の代表が班の結果を持ち寄り、A地点とB地点それぞれについて、4つの分類群の個数が決定された。その結果を黒板に張り出された棒グラフにより示した。これにより、地点毎の分類群の割合、および2地点間の比較が視覚的に捉えやすくなると考えた。

学習活動5：グラフから分かることや考えられることを発表する。

黒板に示された分類結果をワークシート1に書き写し、ワークシートに従って個人で考察した。その後、考察内容の発表によりクラス内での共有化をはかった。

5. 考察

礫の形を捉える方法として、その概要把握を目的とする場合、専門家の調査においても円磨度の程度のクラス分けの図(地学団体研究会, 1998)等の印象図が使用される(例えば松川ほか, 2010)。

今回、6段階のクラス分けを4段階にまとめて使用した(図7)。図8にその結果を礫調査の結果と比較して示した。この図から、超角・角・亜角のグループと超円・円・亜円のグループに2分した時、2地点のパターンは極似していることがわかる。

このことから次の2点のことが指摘される。すなわち、1) 4段階という簡易のクラス分けの結果であっても、2地点間の礫の形状比較が可能であること、2)

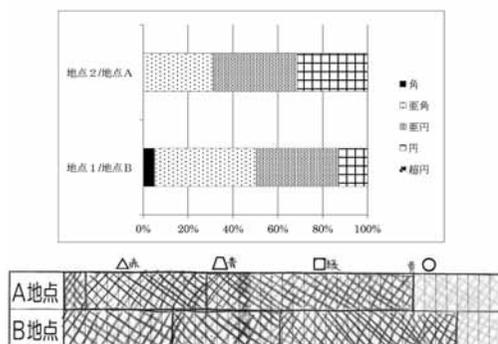


図8 礫調査結果（上図）と児童の判定結果（下図）との比較

印象図を用いての礫の形状把握の作業は、児童により適正に行われる可能性が高いこと、である。

児童の予想にも示されるように（図5）、上流あるいは中流の石の特徴を問われた時、一般に前者は大きくて角張っている、後者は小さくて丸い、と回答される。しかし実際には、図8の通り、上流・下流それぞれの主体をなす河床礫の形状の違いは顕著ではなく、より低い割合で含まれる超角・角や超円・円などの端成分の量比の差が両者の違いを強調している。このことは、上流の石は大きくて角張っていて、下流の石は小さくて丸いということの意味しているのでは無く、上流の地点ではそこより下流の地点に比べて、角張っている石が多く丸い石が少ない傾向にあることを示している、と理解することが大切である。

また、児童の感想（2009年）として、

- ・地点によって石の形が違うことがわかった。
- ・川には角張っている石や角がとれている石や角がほとんど無い石など色々あることがわかった。
- ・上流に近いほど角張っている石が多いことが分かり、時間をかけて石が丸くなることがわかった
- ・上流の地点より上の川にある石は角張った石が多く、下流の地点より下へ石が流れていったら、いつかは石がなくなってしまうのではないかと思った、などがある。

これらは、河床礫の形は多様であり、また場所による違いがあることを児童が捉えていること示している。またそれを流水の働きと関連づけて、より上流または下流の様子への疑問や予想に発展させている。

以上のように、地点毎の河床礫の円磨度を流水の働きという視点から比較することにより、その違いを考

察することが可能になる。すなわち、礫の円磨度は比較・関連性を考える有効なツールとなると判断され、流水の働きを考える教材としてその活用が望まれる。

【文献】

地学団体研究会, 1998, 公文・立石（編）新版砕屑物の研究法, 399p.

秦 明德・長 和博, 1993, 河川礫教材化の視点—花崗岩地点を流れる川「斐伊川」を例として—, 日本理科教育学会研究紀要, 34, 1-9.

本藤祥一郎・山崎博史・林 健一郎・林 武広, 2007, 理科教材として河川堆積物を活用するためのアンケート調査—川の流れとその堆積物とのかかわりについて—, 学校教育実践学研究, 13, 185-194.

板場 修・馬場勝良・小荒井千人・松川正樹, 2000, 自然の多様性から生じる児童の認識の違い—太平洋側と日本海側にある3つの河川の河床礫の特徴を例として—, 地学教育, 53, 9-24.

Kodama, Y., 1994, Experimental study of abrasion and its role in producing downstream fining in gravel-bed rivers. *Jour. Sed. Res.*, A64, 76-85.

松川正樹・江澤圭子・小野郁子・西田尚央, 2010, 秋川—多摩川水系における河床礫の特徴の経年変化：その教材化としての意義. 地学教育, 63, 57-73.

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R., 1972, *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, New York.

高木哲一・水野清秀, 1999, 海田市地域の地質. 地域地質調査報告（5万分の1地質図幅）, 地質調査所, 49 p.

矢野英明, 2012, 観察・実験データ処理の工夫. 理科の教育, 61, 258-259.

【謝辞】

広島市立中野小学校の川本陽子校長（当時）および現在の金本文雄校長、大石勝子教諭、脇坂将城教諭はじめ教職員および児童の皆様、さらに広島大学大学院教育学研究科（当時）の田中庸氏には多大なご協力をいただき、理科支援員（当時）の土山哲朗氏および松本誠一氏には2009年の礫調査に同行いただいた。また、本研究の一部は、科学研究費基盤研究（B）（22300272）および科学研究費基盤研究（C）（22500853）の助成を受けた。この場をお借りしてお礼申し上げる。