小学校理科「流水の働き」における野外学習（Ⅱ）

―山国川における川原の石を教材として―

三次　徳二・梅埜　友希

A Field Study of Function of Running Water in Elementary School Science (II)

―Using the pebbles on the riverside of the Yamakuni River as a teaching material―

MITSUGI, Tokuji and UMENO, Yuki

大分大学教育学部研究紀要　第 40 巻第 2 号
2019 年 3 月　別刷
Reprinted From
RESEARCH BULLETIN OF THE
FACULTY OF EDUCATION
OITA UNIVERSITY
Vol. 40, No.2, March 2019
OITA, JAPAN

小学校理科「流水の働き」における野外学習（Ⅱ）

―山国川における川原の石を教材として―

三　次　徳　二*・梅　埜　友　希**

【要　旨】　小学校理科「流れる水の働き」の単元では，野外に出かけて実際の川を観察し，流れる水の働きと土地の変化の関係について学習を行う。川の上流と下流では，川原の石の大きさや形に違いがあることを捉える活動を行うが，児童には違いが分かりにくいことが多い。本研究では，山国川で川原の石の大きさや形の違いなどについて調査を行い，石の大きさや円磨度の違いについては，児童が気付くことが可能であると結論づけた。また，その結果を大分県内の他の河川と比較し，同一の結果でないことを示した。

【キーワード】　小学校　理科　流水の働き　川原の石　野外学習

Ⅰ　はじめに

小学校の理科においては，児童が身近な自然を対象として，自らの諸感覚を働かせ，体験を通した自然との関わりの中で，自然の中から主体的に問題を見いだす学習活動が重視されている(文部科学省，2008)。理科の中でも，多様な自然を対象として学習する生物・地学領域においては，対象となる自然の事物・現象を教室内に持ち込めないことが多く，児童がそれらの存在する場所まで出かけて野外学習を行うことが多い。しかし，自然は多様であり，教科書に記載されている典型的な自然とは異なっていることもあり，地域の自然を深く理解していないと指導の際に戸惑うことがある。

５年生の「流水の働き」の単元は，地学領域の中でも地質分野の内容でありながら，気象分野とも内容のつながりが深い単元である。この単元の学習を通して，児童は地面を流れる水や川の働きについての理解を図り，それらと土地の変化の関係について気付く。また，ここで学んだ内容は，６年生の「土地のつくりと変化」の学習内容の基礎となる。この「流水の働き」の単元においては，川の上流と下流で，川の流れや川原の石の大きさや形に違いがあることを野外学習における観察によって見いだすこととなっている(文部科学省，2008)。この内容は，2020 年度に完全実施となる次期の小学校学習指導要領においても変更はない(文部科学省，2018)。侵食や運搬，堆積といった流水のそのものの働きについては，校庭などにつくった人工的な流路を用いたモデル実験で替えることができるが，川原の石の学習においては野外学習

平成 30 年 11 月 15 日受理
＊みつぎ・とくじ　大分大学教育学部理数教育講座（理科教育）
＊＊うめの・ゆき　大分大学教育福祉科学部人間福祉科学課程環境分野

における観察が有効な方法となっている。しかし，実際に野外学習において川の観察を行っても，川原の石は周辺の特殊な地形や地質の状況によっても影響されるので，この通りのことが見いだせるとは限らない。三次ほか(2011)では，川の上流と下流において，川原の石の大きさの違いを見いだすことが大分県の大分川と春木川では難しいことを示し，川原の石の形を表す指標の１つである円磨度については違いを見いだすことができることを示した。

本研究では，三次ほか(2011)に引き続き，大分県と福岡県にまたがる山国川を例として，川原の石の大きさや形，種類の違いについて明らかにする。次いで，上流と下流の違いについて何を見いだすことができるか，大分川や春木川の例とも比較しながら考察を行う。

Ⅱ　研究方法

１．研究対象

大分県内には多くの河川があるが，三次ほか(2011)では大分県中部の代表的な一級河川である大分川と，別府市の扇状地地形を流れ下る二級河川の春木川を例に研究を行っている。本研究では，その一部が大分県と福岡県の県境となり，大分県北部の代表的な一級河川である山国川を対象とした（**図１**）。山国川は，大分県中津市山国町英彦山に発し，中津市と福岡県の吉富町の境で周防灘に注ぐ流路延長 56km，流域面積 540km^2 に及ぶ河川である(大分県，2014)。上流から中流にかけては河床勾配が急な河川であり，中津平野に出た下流部は上流部，中流部と比べて河床勾配は緩やかになっている（**図２**）。これらの特徴は，小学校理科の教科書に取り上げられるような典型的な河川に合致する。

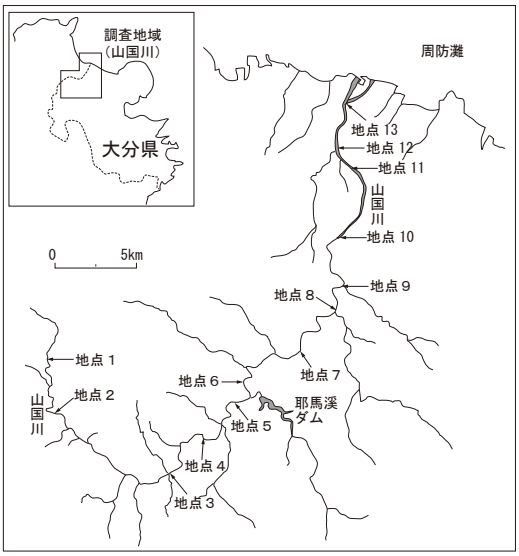

図１　山国川流域調査地点

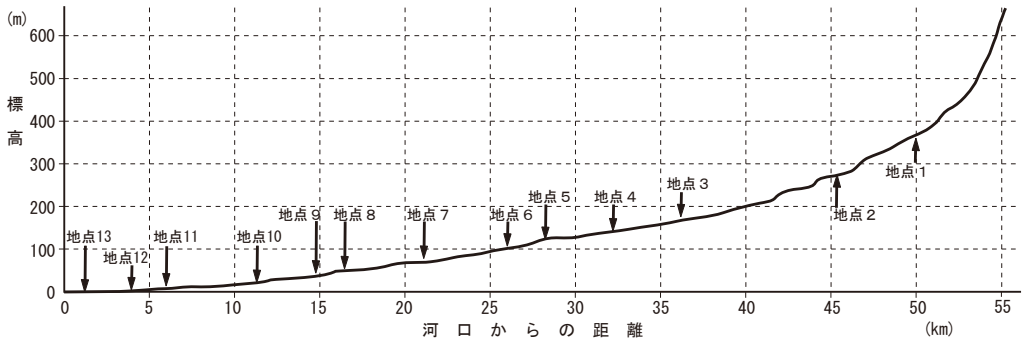

図２　山国川河床縦断面図

２．研究方法

山国川の本流において，２～4km ごとを目安に川原の石の調査を行った。なお，川原がない場所が続く場合や，小学校児童にとって調査が著しく困難な場所にしか川原がない場合には，調査間隔が広がっている。本研究では，山国川の 13 地点で調査を行った（**図１**，**表１**）。大分県(2014)の区分では，地点１～５が上流部，地点６～９が中流部，地点 10～13 が下流部にあたる。なお，地点１については，毛谷村川と表記されている地図もあるが，本研究では川野(1989)や千田ほか(1989)に従って山国川の本流として扱っている。

各地点における川原の石の選定については，調査時の水際から約 1m 離れた場所において 1m 平方の範囲を定め，その範囲に石の一部でも含まれていれば測定範囲の石とする。範囲内には多くの石があるため，石を長径が大きいものから 50 個採取し測定対象とした。ただし，流水の働きによって運搬される可能性の低い巨岩については，測定範囲に含めないようにしている。なお，野外調査は，2017 年 9～12 月の間で，降雨が３日以上なかった時に行っている。

石の大きさや形の測定は，三次ほか(2011)において用いた方法と同様であり，長径（ａ）と中間径（ｂ），短径（ｃ）の測定を行い（**図３**），これらの測定値から Krumbein(1941)が示した簡易式（$a \times b \times c \div a^3$）$^{1/3}$を用いて球形度を算出した。円磨度については，Krumbein(1941)が作成し，今日広く用いられている円磨度印象図（**図４**）を用いて，0.1 から 0.9 の範囲で求めた。以上の調査が終わったのちに，石の一部をハンマー等で割り，岩石の種類の判別を行った。基本的には肉眼やルーペによる鑑定とし，偏光顕微鏡を用いた岩石薄片の観察は行っていない。そのため，風化の著しい川原の石については，風化への耐性がある鉱物のみからの同定となったものがある。

表１　山国川流域の調査地点

調査地点	河口からの距離	調査地点周辺の目標物	調査地点	河口からの距離	調査地点周辺の目標物
地点１	49.9km	堂本橋より約 300m 下流	地点８	16.4km	青の禅海橋付近
地点２	45.4km	大曲橋付近	地点９	14.8km	太平橋より約 100m 上流
地点３	36.2km	中摩橋（市道）付近	地点 10	11.2km	三原橋より約 600m 下流
地点４	32.2km	江淵橋より約 100m 上流	地点 11	6.0km	恒久橋付近
地点５	28.2km	柳ケ平橋より約 200m 上流	地点 12	4.0km	市場橋付近
地点６	26.1km	小川内橋付近	地点 13	1.2km	山国橋より約 100m 下流
地点７	21.2km	馬渓橋付近			

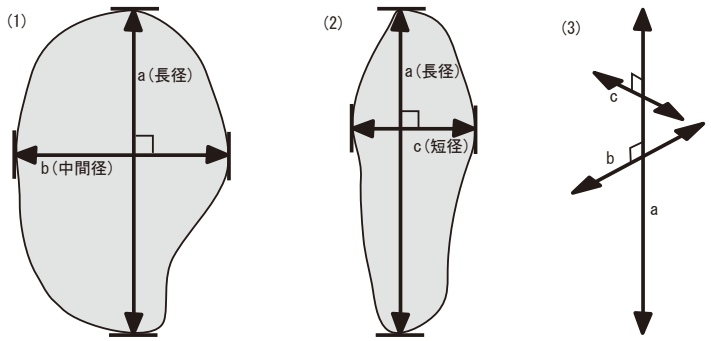

図３　川原の石の計測部位

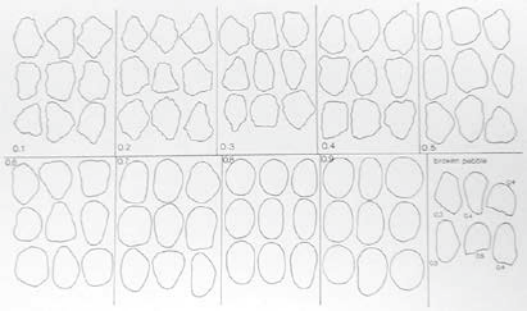

図４　円磨度印象図
(Krumbein, 1941)

Ⅲ　研究結果

１．川原の石の形状

山国川の地点１～13 について，川原の石の長径，球形度，円磨度の平均値と標準偏差をそれぞれ示す（**表２**）。また，それらの地点ごとの変化について，グラフとして示している（**図５～図７**）。

長径については，平均値は上流部の地点２において最大に，地点９，地点１，地点４がそれに続く。これらの地点は，標準偏差の値も大きくなっており，長径の値にばらつきがあることを示している。一方，長径の平均値が最小になったのは地点 13 であり，地点 11，地点 12，地点 10 がそれに続く。これらの地点はいずれも下流部であり，標準偏差も小さく，長径の値にばらつきの少ないことを示している。山国川全体としてみると，上流部と中流部の川原の石の長径の平均値は，下流部の平均値と比べると大きくなっている（**図５**）。

表２　長径，球形度，円磨度の平均値の変化

流域	調査地点	長径		球形度		円磨度	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
上流部	地点１	16.57	15.84	0.67	0.10	0.42	0.18
	地点２	21.19	22.53	0.66	0.09	0.46	0.17
	地点３	10.36	2.76	0.70	0.08	0.49	0.15
	地点４	15.33	14.07	0.72	0.08	0.61	0.12
	地点５	10.99	4.74	0.71	0.09	0.64	0.12
中流部	地点６	11.30	3.01	0.66	0.09	0.45	0.16
	地点７	10.53	4.72	0.70	0.09	0.65	0.18
	地点８	9.52	3.48	0.70	0.09	0.62	0.18
	地点９	17.14	11.00	0.70	0.09	0.65	0.15
下流部	地点 10	8.75	2.32	0.70	0.10	0.66	0.16
	地点 11	8.54	3.06	0.71	0.10	0.72	0.14
	地点 12	8.56	2.26	0.69	0.08	0.77	0.11
	地点 13	7.29	1.61	0.69	0.10	0.65	0.14

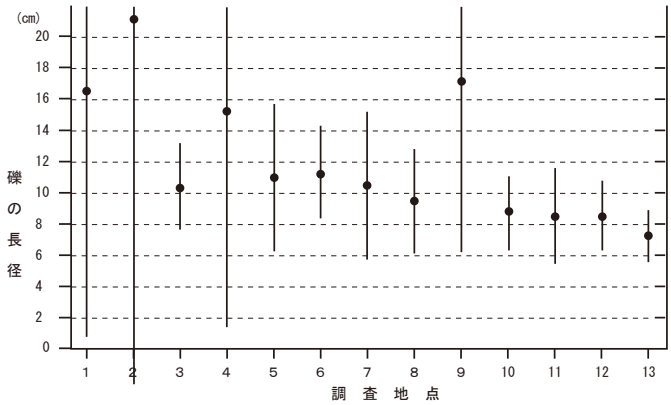

図５　山国川の川原の石の長径の変化（1）

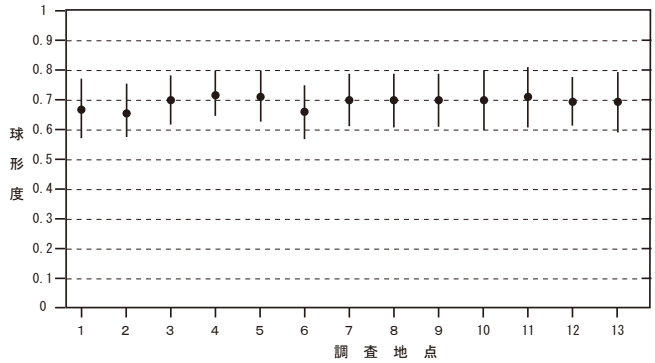

図６　山国川の川原の石の球形度の変化

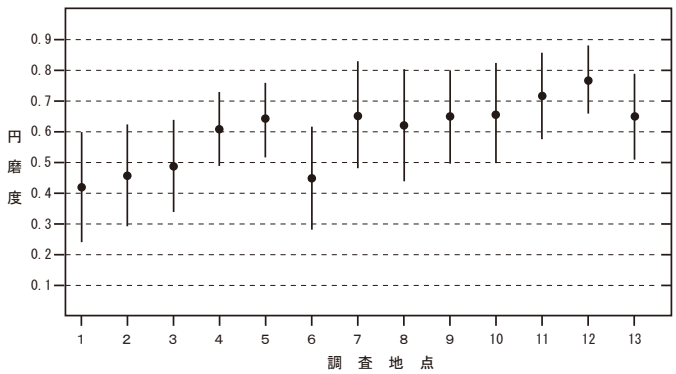

図７　山国川の川原の石の円磨度の変化

球形度については，平均値が 0.66 から 0.72 の値となり，上流部から下流部にかけてほとんど変化がない（**図６**）。上流部から下流部にかけて，長径（ａ）と中間径（ｂ），短径（ｃ）の関係は，おおむねａ≒ｂ＞ｃとなっており，やや偏平な形の石が多い。

円磨度については，平均値は上流部の地点１で最小に，地点６，地点２，地点３がそれに続く。一方，円磨度の平均値が最大となったのは地点 12 であり，地点 11，地点 10 がそれに続く。特異な地点があるものの，山国川全体としてみると，上流部に比べて中流部の川原の石の円磨度の平均値が大きくなっており，さらに下流部は大きくなっている（**図７**）。

２．川原の石の種類

山国川の川原の石を，各地点の 50 個について岩石の種類を調べた結果を種類ごとに示す（**表３**）。13 地点を通じて，火成岩の占める割合が大きく，地点１，地点 10，地点 13 を除き，安山岩とデイサイトが調査した川原の石の半数以上を占めている。他の火成岩としては，流紋岩と玄武岩が見られた。堆積岩では凝灰岩が最も多く，地点１，地点９，地点 10 では最大の割合となっている。凝灰角礫岩は，凝灰岩に次いで多くなっている。下流で比較的多く見られるのは砂岩であり，河口近くの地点 13 においては最大の割合となっている。これら以外の堆積岩としては，礫岩や泥岩が見られた。

岩石の種類としては，通商産業省工業技術院地質調査所（現　国立研究開発法人産業総合技術研究所地質調査総合センター）が過去に刊行した地質図(石塚ほか，2009；久保ほか，1993)や大分大学教育学部の山国川総合研究の資料(森山ほか，1989)などで示される周辺の地質と調和的な結果であった。主に英彦山火山岩類，耶馬溪火砕流堆積物，新期宇佐火山岩類の溶岩（安山岩やデイサイトなど）と火山砕屑岩（凝灰岩や凝灰角礫岩など）が川原の石を構成していると考えられる。わずかに含まれる砂岩や礫岩，泥岩の多くは，黒法師層由来と考えられる。ただし，下流部の一部の砂岩は由来が不明である。

そのほかの情報としては，岩石の風化状況は上流部の方が進んでいるものが多かった。赤褐色に風化した岩石（凝灰岩や凝灰角礫岩など）や暗緑灰色に風化した岩石（凝灰岩など）が見られた。

表３　岩石の種類の変化（調査対象 50 個中の数）

流域	調査地点	安山岩	デイサイト	流紋岩	玄武岩	凝灰岩	凝灰角礫岩	礫岩	砂岩	泥岩
上流部	地点１	12	10	0	1	24	0	0	3	0
	地点２	21	14	1	2	5	2	0	5	0
	地点３	23	12	0	0	8	3	3	1	0
	地点４	21	11	0	2	15	1	0	0	0
	地点５	23	12	0	1	7	5	1	1	0
中流部	地点６	14	19	1	0	14	2	0	0	0
	地点７	19	6	1	2	18	4	0	0	0
	地点８	18	11	1	1	14	2	1	2	0
	地点９	20	5	0	0	22	3	0	0	0
下流部	地点 10	15	7	0	1	20	1	0	5	0
	地点 11	14	12	1	1	11	1	0	6	4
	地点 12	24	10	0	3	8	0	0	5	0
	地点 13	10	4	0	2	13	1	0	18	2

Ⅳ　考察

１．川原の石の形状をもとにした授業

今回の結果をもとに，山国川の川原の石をもとにした野外学習について考察したい。小学校学習指導要領解説理科編(文部科学省，2008)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るようにする。また，上流から下流まで，川を全体としてとらえ，上流では侵食の働きがよく見られ，下流では堆積の働きがよく見られることなど，流れる水の違いによる川の様子の違いをとらえるようにする。」と記載されている。

山国川の川原の石の大きさは，地点１，２，４，９では大きさにばらつきがある（標準偏差が大きい）ため単純な比較はしづらいものの，山岳部である上流部（地点１～５），谷あいを流れる中流部（地点６～９）に比べて，中津平野を流れる下流部（地点 10～13）の方がおおむね小さくなっている。児童が比較をする場合，石の大きさ（長径）を 50 個程度測定し平均値を算出すれば，上流，中流と下流の違いがおおむね見いだせると考えられる。

山国川の川原の石の形のうち，指標の１つである球形度については上流，中流，下流において差が見いだせない。この指標は，石が流れる水の働きによって運搬され，均等に摩滅されて伸びや偏平さがなくなり，球に近い形になった目安を示すとされている(公文・立石，1998)。石が運搬され，堆積した場の環境を推定するのに有効な指標の１つであるとされているが，山国川において川の様子の違いをとらえるためには適切ではない。別の指標である円磨度については，地点６のように特異な地点があるものの，上流に比べて，中流が大きくなっており，さらに下流の方が大きくなっている。石の大きさと同様に，児童が比較する場合，円磨度を 50 個程度測定し平均値を出せば，上流と中流，さらに下流の違いが見いだせると考えられる。そのため，三次ほか(2011)の大分川や春木川と同様に，球形度より円磨度の方が上流と下流の川原の石の違いを気づかせるのに有効であると考えられる。

２．川原の石の種類をもとにした授業

川原の石の種類については，小学校学習指導要領解説理科編(文部科学省，2008)には記述はなく，発展としての位置づけである。しかし，上流と下流で異なる地質体を流下する河川であれば，上流部の川原の石と下流部の石とでは構成が異なるため，上流と下流で違いが見いだせる。山国川では，上流から大きな地質体として英彦山火山岩類，耶馬溪火砕流堆積物，新期宇佐火山岩類と変化するものの，火山砕屑岩と溶岩が主成分であるため，岩石の種類としては大きな変化がない。そのため，上流と下流での違いが見いだしにくい。なお，三次ほか(2011)で調査を行った大分川においては，上流部や中流部には火山岩類や火山砕屑岩が顕著であるが，下流部にはそれらに加えて碩南層群や大分層群の砂岩や泥岩が含まれていたため，差を見いだしやすかったこととは山国川と異なっている。

Ⅴ　おわりに

今回調査を行った山国川は，河床勾配の特徴から小学校理科の教科書で取り上げられるような典型的な河川である。いずれも特異な地点はあるものの，川原の石の大きさと形（円磨度）

流域	上流部（地点１） 中津市山国町槻木（つきのき）	中流部（地点７） 中津市耶馬渓町大字戸原（とばる）	下流部（地点 12） 中津市高瀬
川の景観			
位置図			
資料	長径の平均値：16.57cm 円磨度の平均値：0.42	長径の平均値：10.53cm 円磨度の平均値：0.65	長径の平均値：8.56cm 円磨度の平均値：0.77

図８　山国川における川原の石の野外学習の候補地
位置図には，国土地理院の電子地形図を使用[2]

については，大分県の多くの地域で採用されている小学校理科教科書(有馬ほか，2017)の典型的な河川に関する記述「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」に合致している。すなわち，山国川では，川原の石については上流部が大きく，下流部が小さいという特徴をもち，石の円磨度については上流部では小さく，下流では大きい。特に，野外学習の候補地となる３地点を**図８**にまとめた。なお，平成 24 年 7 月九州北部豪雨や平成 29 年 7 月九州北部豪雨によって，山国川の川原の様子は，場所によっては大きく変わっている。これからも洪水などによって，川原の様子は変わることがあるので，実際に野外学習を行う際には事前に確認していただきたい。

三次(2011)で調査を行った大分川と春木川は，小学校の教科書で示されるような典型的な河川ではなかったため，教科書の記述のような結果とはならなかったが，今回の山国川の調査ではそれらと異なる結果となった。なお，大分県内には今回の調査対象となった山国川のように流路が長い河川や，大分平野や中津平野における河床勾配が緩やかで流路が短い河川，大分県南部のリアス式海岸に注ぐ河床勾配が大きく流路が短い河川など，多種多様な河川が存在する。小学校理科においては，児童にとって親しみやすく，その学校の校歌で歌われているような河川を対象として授業を行うことが考えられる。しかし，それらの河川は異なる特徴をもっているので，教材化にあたっては，今後も研究が必要であろう。

本研究は，著者の一人の梅埜が大分大学教育福祉科学部卒業研究として 2017 年度に行った研究成果の一部を，著者の一人の三次が追加調査などを行い，小論としてまとめたものである。本研究を行うにあたり，山国川を管轄する国土交通省九州地方整備局山国川河川事務所，大分県中津土木事務所には，河川に関する基礎的な資料を提供していただいた。現地調査にあたっては，大分大学教育福祉科学部環境分野の 2017 年度卒業生に協力いただいた。大分川や春木川に関する知見は，平成 20～23 年度文部科学省科学研究費補助金（若手研究Ｂ，課題番号 20700626）の一部を用いて得られたものである。ご協力いただいた多くの方々や関係機関に，記して謝意を表する。

注

（１）標準偏差が大きいため，図の上端の一部を省略している。
（２）国土交通省国土地理院の地理院地図（電子国土 web）を利用している。

文献

有馬朗人・小林　誠・日置光久ほか 40 名(2017)：新版たのしい理科５年．大日本図書，168p.
千田　昇・猪原順二・吉田　進(1989)：山国川流域の地形．大分大学教育学部「山国川－自然・社会・教育－」，1-16.
石塚吉浩・尾崎正紀・星住英夫・松浦浩久・宮崎一博・名和一成・実松健造・駒澤正夫(2009)：20 万分の 1 地質図幅「中津」，地質調査所.
川野田実夫(1989)：山国川流域の水系と水質．大分大学教育学部「山国川－自然・社会・教育－」，41-50.
Krumbein, W. C. (1941) : Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles. J. Sed. Petrol., 11, 64-72.
久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本　博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男(1993)：20 万分の 1 地質図幅「福岡」，地質調査所.
公文富士夫・立石雅昭(1998)：新版砕屑物の研究法．地学団体研究会，399p.
三次徳二・肥後喜陽・藤原祐樹(2011)：小学校理科「流水の働き」における野外学習（Ｉ）－大分川と春木川における川原の石の比較－．大分大学教育福祉科学部研究紀要，33(1)，59-66.
文部科学省(2008)：小学校学習指導要領(平成 20 年告示)解説理科編．大日本図書，105p.
文部科学省(2018)：小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説理科編．東洋館出版社，167p.
森山善藏・日高　稔・堀　五郎・津崎俊幸(1989)：耶馬溪地域の地質．大分大学教育学部「山国川－自然・社会・教育－」，17-28.
大分県(2014)：山国川水系河川整備計画【県管理区間】．http://www.pref.oita.jp/uploaded/attachment/184170.pdf

A Field Study of Function of Running Water in Elementary School Science (II)

－Using the pebbles on the riverside of the Yamakuni River as a teaching material－

MITSUGI, Tokuji and UMENO, Yuki

Abstract

In elementary school science, pupils learn about the relationship between the function of running water and the change in ground surface, by observing running water on the rivers. On the upstream and downstream of the river, pupils learn that there are the difference in the size and shape of pebbles on a riverside, but it is often difficult for pupils to understand the difference. In this study, we investigated the size and shape of pebbles on the riverside of Yamakuni River and concluded that it was possible for the pupils to notice the difference in the size and shape of pebbles. In addition, we compared the results with other rivers in Oita Prefecture, and showed that the Yamakuni River did not produce the same results as other rivers.

【Key words】 elementary school, science education, running water, pebbles of riverside, field study class