

## 熊本県緑川の川原の石の教材研究

—溶結凝灰岩を鍵にした小学校理科教材のリンク—

井手上光博\*1・渡邊重義\*2

A Study on the River Bed Gravel of Midori River in Kumamoto as Materials for Teaching Science

—A Link between Elementary Science Teaching Materials with a Welded Tuff as a Key—

Mitsuhiro IDEUE\*1 and Shigeyoshi WATANABE\*2

(Received by October 1, 2012)

The development of available teaching materials for a certain region has been one of the most important problems in geological area of science education. We investigated the river bed gravel of the Midori River in Kumamoto to develop some regional teaching materials of elementary science. As a result of investigations especially focusing on the welded tuff, we found its suitable properties for learning on “Function of running water” and “Change of the land by the volcano”. Children may learn the erosion, transportation, sedimentation by running water and the spread of pyroclastic flow sediment from Mt. Aso by using the data about the size and distribution of welded tuff gravel. Using the welded tuffs as a key for linking science contents we developed the unit plan of “Function of running water”.

**Key words:** elementary science, link, river bed gravel, teaching materials, welded tuff

### I. はじめに

小学校理科の学習対象は「自然の事物・現象」であり、B区分の「生命・地球」では、身の回りの事物・現象として地域素材が扱われることが多い。川は地域素材の一つであり、「流水の働き」（第5学年）や「土地のつくりと変化」（第6学年）の学習内容に関連がある。川の地域教材としての歴史は古く、明治以降、地文、読本、郷土科、理科において取り上げられてきた（永田 1994）。川などの児童の身の回りの地域素材は、児童の興味関心を高め、学習意欲を喚起し、自然体験を通じた学習効果が期待される。しかし、時間の確保や安全に対する配慮などの問題があり、野外学習としての川の観察は容易ではない。したがって、教科書の写真、資料、岩石標本などを利用した学習が主流となっているであろう。

小学校理科の教科書では、一般化された川における

事象として「流水の働き」「土地のつくりと変化」が取り扱われる。しかし、学習者の実体験を通して学習を進めようとする、地域の川が直接経験の対象となる。その場合、川の大きさ、流路、周辺の地質等によって川の姿は異なるため、地域の川が教科書に取り上げられているような典型的な川であるとは限らない。地域の川の特徴をよく吟味したうえで、適切な教材化を行って理科学習に取り入れていく必要がある。

### II. 研究の目的

本研究では、熊本県の中部を流れる一級河川の緑川（全長 76km）を小学校理科における地域教材として選択した。緑川は、熊本県を代表する川の一つであり、上流域にはキャンプ場、通潤橋や霊台橋などの歴史的建造物が見られ、中流域には広い河川敷があって川遊びに訪れる人も多い。下流は、熊本市と宇土市の間を

\*1 熊本大学大学院教育学研究科

\*2 熊本大学教育学部理科教育

流れて、河口の先には有明海の干潟が広がっている。緑川中流域にある甲佐町では、緑川環境教育事業に取り組んでいて、数冊の教材集が作成されている。このように地域の人々に親しまれている川であり、すでに教材化も試みられているが、緑川にはまだ十分に開発されていない地域教材としての可能性がある。

そこで、本研究では、緑川の特徴を引き出して「流水の働き」「土地のつくりと変化」の学習に活用するための教材研究と教材化を行った。教材研究は、次の3つの観点から実施した。①小学校理科教材としての活用を視野に入れて緑川の教材的な特徴を明らかにする。②川原の石、特に溶結凝灰岩に注目した教材研究を行う。③溶結凝灰岩を鍵にした第5学年と第6学年の学習内容のリンクを試みる。

### Ⅲ. 緑川と川原の石に関する教材研究

#### 1. 調査場所

緑川は、源流が宮崎県境に近い三方山にあり、熊本県の中央部を東から西に向けて流れ、有明海に注いでいる。緑川には加勢川、御船川、浜戸川という一級河川の支流があり、さらに北東の阿蘇外輪山とその南の高岳、京上山、白山などから多数の支流が合流している。緑川の本流沿いを調査した結果（井手上・渡邊 2011）、児童が安全に野外観察を行えて、上流、中流、下流の川の地形や石などの堆積物の観察が行いやすい場所として図1の9地点（A：緑川、B：滝下、C：白藤、D：七曲、E：津留、F：内大臣、G：井戸江、H：津志田、I：杉島）を選択した。

#### 2. 調査内容と方法

##### (1) 緑川の地形・地質

実地調査（井手上・渡邊 2011）と文献資料から、教材化に関連する緑川の地形・地質に関する特徴を具体化した。

##### (2) 川原の石の調査

調査場所の9地点のうち、緑川（地点A）、滝下（地点B）、内大臣（地点F）の3地点を除く6地点で川原の石を調査した。石の調査は、1m×1mの枠の中にある握りこぶし大（約5～15cm）の岩石50個の種類と長径を記録する枠法で行った。調査のための枠を置く場所は、川原において握りこぶし大の石が堆積している場所を選んだ。枠法の調査は、各地点で1箇所ずつ実施した。

##### (3) 溶結凝灰岩の調査

溶結凝灰岩は侵食されやすいため、流水作用を調べるための教材として適しているのではないかと考えられる。そこで、白藤（C地点）、七曲（D地点）、津留（E

地点）、井戸江（G地点）、津志田（H地点）の5地点において、川原の溶結凝灰岩を調査した。川の水際から約5m離れた場所で、川に沿って巻尺を伸ばし、巻尺のラインを中心にした30cmの幅に触れる溶結凝灰岩の長径を50個分測定し（線状法）、各地点における溶結凝灰岩の大きさの分布を調べた。溶結凝灰岩は、凸レンズの形をした黒色の模様があることで他の岩石と区別しやすいが、弱溶結、強溶結などの成因の違いで異なる外観を示すものがある。そこで、溶結凝灰岩の外観と比重について調べた。比重の調べ方は次の通りである。まず、握りこぶし大の溶結凝灰岩の質量を電子天秤で測定した。次に岩石全体が浸るだけの水が入った容器を準備し、その全体の質量を電子天秤で測定した。そして、その容器内の水に糸で吊るした溶結凝灰岩を底に接触しないようにして沈めた。そのときに電子天秤で測定した質量の増加は、沈めた岩石の浮力に相当するもので、物体の体積分の水の重さになる。水の密度は1g/cm<sup>3</sup>なので、増加した質量の値が物体の体積になり、最初に測定した岩石の質量をこの体積の値で割って比重（密度）を求めた。

#### 3. 結果と考察

##### (1) 緑川の地形と地質

緑川の河口から1kmごとの標高を地図で調べて、その勾配をグラフに示したのが図2である。緑川は、河口から約30km上流の井戸江（地点G）までは、勾配が小さいが、それより上流になると徐々に勾配が大きくなり、蛇行が目立ってくる（図1）。緑川ダムより上流では、切り立った深い谷が形成されている場所もある。河口から約15km上流の津志田（地点H）付近では、川原が広がっていて、こぶし大から人頭大の石が堆積していた。また、この付近から下流に向けて治水利水施設の堰が13箇所存在し、周辺の田畑を潤している。河口から約8kmの杉島（地点I）より下流は熊本市の市街地になり、川原は護岸されていて、石などの堆積物はあまり見られなかった。河口付近にはアシ原と干潟が広がっている。以上の特徴から、本研究では、河口から8kmまでを下流、8～30kmまでを中流、30km～源流部を上流と表記することにする。

緑川の上流は、臼杵―八代構造線に沿うように流れている。その臼杵―八代構造線の北側には領家変成帯、南側には秩父帯や四万十帯がある。すなわち、緑川流域は地質的に多様であり、川原には多種類の石が存在すると考えられる。緑川の北東には、阿蘇火山や阿蘇外輪山がある。阿蘇火山は過去に4回の巨大な噴火を起こして多量の火砕流を噴出したため、阿蘇火砕流堆積物が緑川上流から中流にかけて広く分布している。

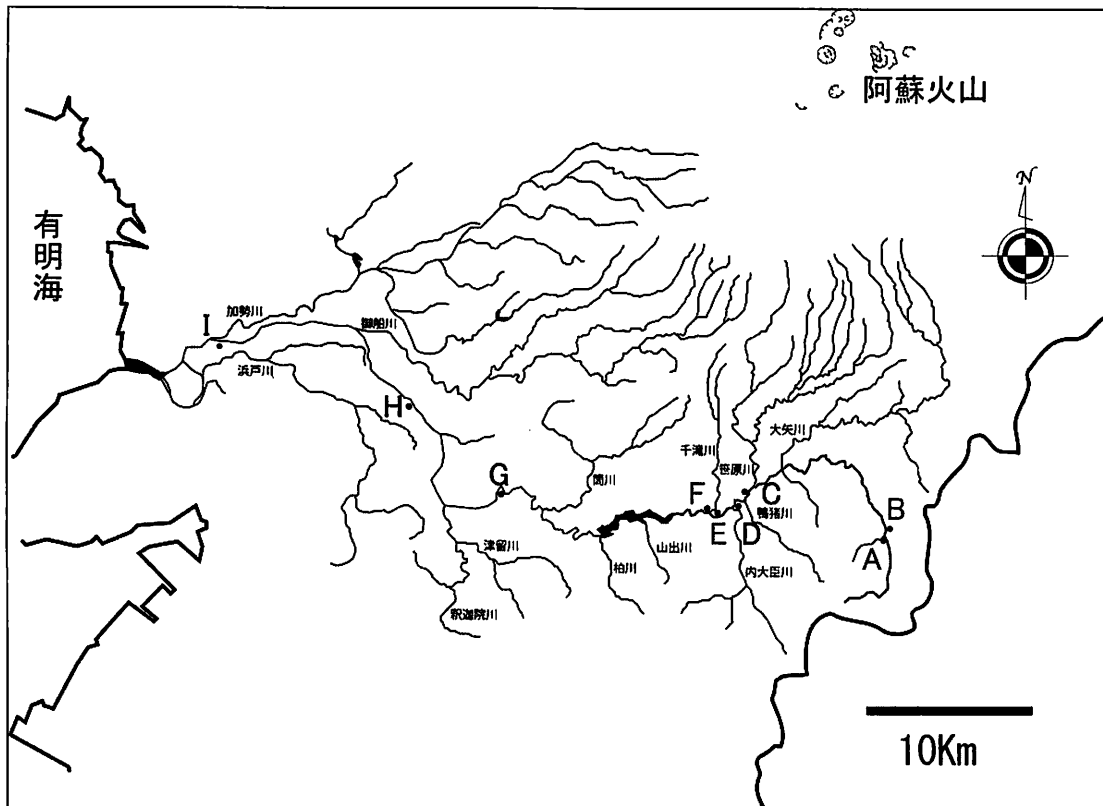


図1 緑川の調査地点. A: 緑川. B: 滝下. C: 白藤. D: 七曲. E: 津留. F: 内大臣. G: 井戸江. H: 津志田. I: 杉島.

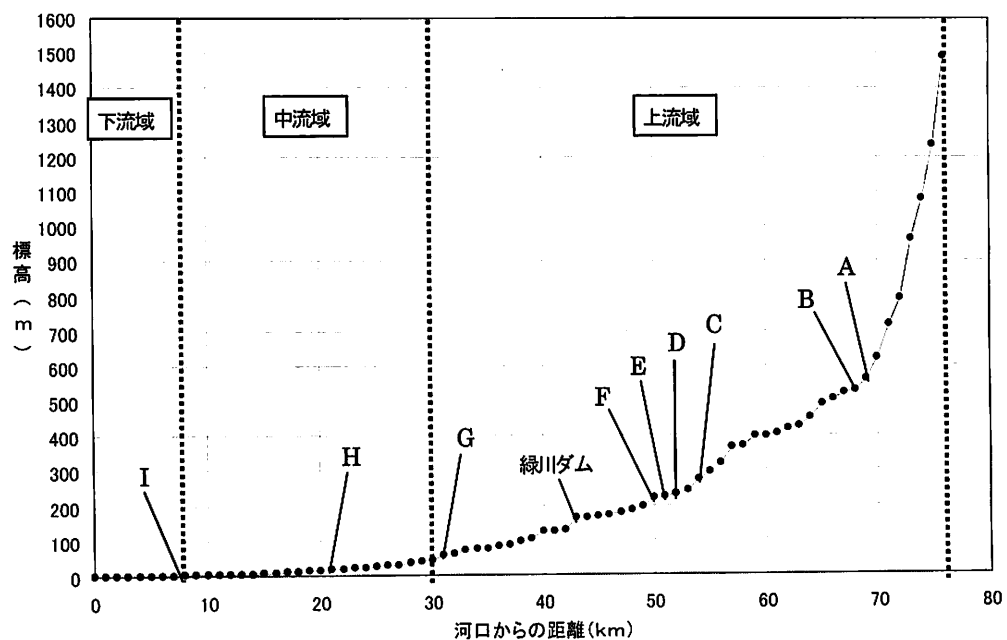


図2 緑川の勾配と調査地点. A~Iの調査地点は、図1に対応している.

## (2) 川原の石の調査

緑川本流の川原では、堆積岩の礫岩、砂岩、泥岩、チャート、石灰岩、粘板岩、酸性凝灰岩、輝緑凝灰岩、火成岩の花崗岩、斑岩、閃緑岩、安山岩、溶結凝灰岩、ひん岩、変成岩の結晶片岩、結晶質石灰岩、蛇紋岩、など多様な石が観察された。杵法で調べた調査地ごとの岩石の種数と長径の平均値（表）および岩石の種類の割合（図3）を示す。

表 調査地ごとの岩石の種数と長径の平均値

調査地	岩石の種数	長径の平均値 (cm)
		n = 50
C	11	7.0 ± 1.3
D	11	10.8 ± 1.8
E	12	10.5 ± 1.7
G	12	8.4 ± 2.1
H	10	9.4 ± 2.0
I	11	4.8 ± 1.3

表と図3より以下のことがわかる。

- ①調査では握りこぶし大の岩石を目測で選択したが、C地点を除くと、緑川ダムより上流のD、E地点、

緑川ダムより下流で中流域のG、H地点、下流域のI地点と下流に向かうにつれて、長径の平均値は小さくなっていった。

- ②各調査地点において1 m × 1 mの範囲で確認された岩石の種類は10～12種類であり、比較的に狭い範囲で多種類の岩石を見つけることができた。調査地によって、岩石の種類の割合は異なっていたが、砂岩の割合が最も高く、次いで溶結凝灰岩、酸性凝灰岩がよく観察された。

- ③握りこぶし大の砂岩の割合は、D地点から下流に向かって増加していた。一方、握りこぶし大の溶結凝灰岩の割合は、下流にいくほど減少していた。

杵の設置場所によって、岩石の種類や分布に違いが生まれることが予想されるので、この結果から緑川全体について一般化することはできない。しかし、緑川の川原で石の採取を行なう場合、子どもが扱いやすい握りこぶし大の岩石では、砂岩、溶結凝灰岩、酸性凝灰岩が採取されやすいと考えられる。

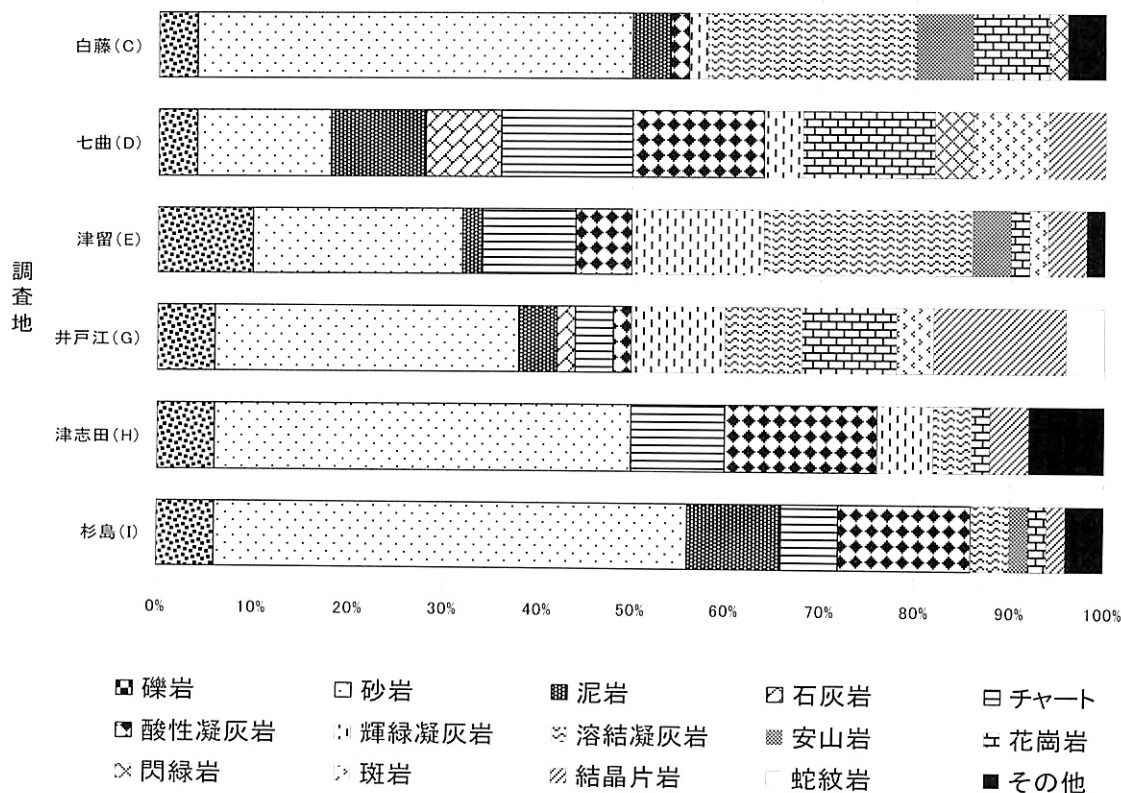


図3 各調査地において観察された岩石の種類と割合

D 地点では、調査した枠内に握りこぶし大の溶結凝灰岩がまっただけでなかった。しかし、人頭大以上の溶結凝灰岩はよく観察された。したがって、溶結凝灰岩は緑川の川原でよく観察される岩石の一つと見なされ、緑川の地域教材化の鍵として利用可能であることがわかる。下流に向かうにつれて握りこぶし大の砂岩が増加する要因は、流水の働きによる破碎作用や本流に流れ込む支流からの供給が考えられる。一方、握りこぶし大の溶結凝灰岩が減少する要因は、砂岩よりも破碎や摩耗を受けやすく、川の勾配が大きくて流水の影響が強い上流から中流において小さくなってしまったためではないかと考えられる。

小・中学校で代表的な岩石を観察できる点と発展的に岩石の多様性を学習できる点は、緑川の教材としての長所になる。しかし、種類が多過ぎて、子どもおよび教師による岩石種の同定が困難になることも予想される。したがって、緑川の川原の石に対応した岩石図鑑のような教材が必要になるであろう。

### (3) 溶結凝灰岩の調査

#### a. 溶結凝灰岩の比重

溶結凝灰岩は、阿蘇火山の火砕流堆積物が冷えて固まったもので、①様々な岩片を含むので不均質である、②火砕流堆積物の軽石やスコリアが高温と堆積物の重

みによる圧力のために扁平なレンズ状になった本質レンズを含む、などの岩相に特徴があり、他の岩石との区別が容易であった。黒色の本質レンズは溶結凝灰岩を見分けるときの第一の特徴であり、光沢のある黒曜石になったものもあった。しかし、川原の溶結凝灰岩を観察すると、上述したような典型的なタイプとは異なり、本質レンズが小さくて扁平ではないものや本質レンズがほとんど観察されないものもあった。溶結凝灰岩は、その溶結の度合いから弱溶結、強溶結などに分けられるので、川原の溶結凝灰岩の形状の違いは、溶結凝灰岩の成因と関係しているのではないかと予想された。そこで、緑川の川原で採取した溶結凝灰岩を本質レンズの扁平が顕著なAタイプ、本質レンズは比較的小さくて丸みを帯びているBタイプ、本質レンズが確認できないCタイプの3種類に分類した。

白藤、七曲、津留、井戸江、津志田の5地点で採取した溶結凝灰岩を、Aタイプ：22個、Bタイプ：10個、Cタイプ：14個に分類して比重を測定した(図4)。各タイプの比重の平均値は、Aが $2.3 \pm 0.1$ 、Bが $2.2 \pm 0.2$ 、Cが $2.4 \pm 0.1$ であり、比重の大きさは $C > A > B$ になった。t検定で調べたところ、AとBに5%水準で有意差はなく、BとC( $t = -3.689$ ,  $df = 22$ ,  $p < .01$ )、CとA( $t = 3.334$ ,  $df = 34$ ,  $p < .01$ )は1%水準で有意差が認められた。

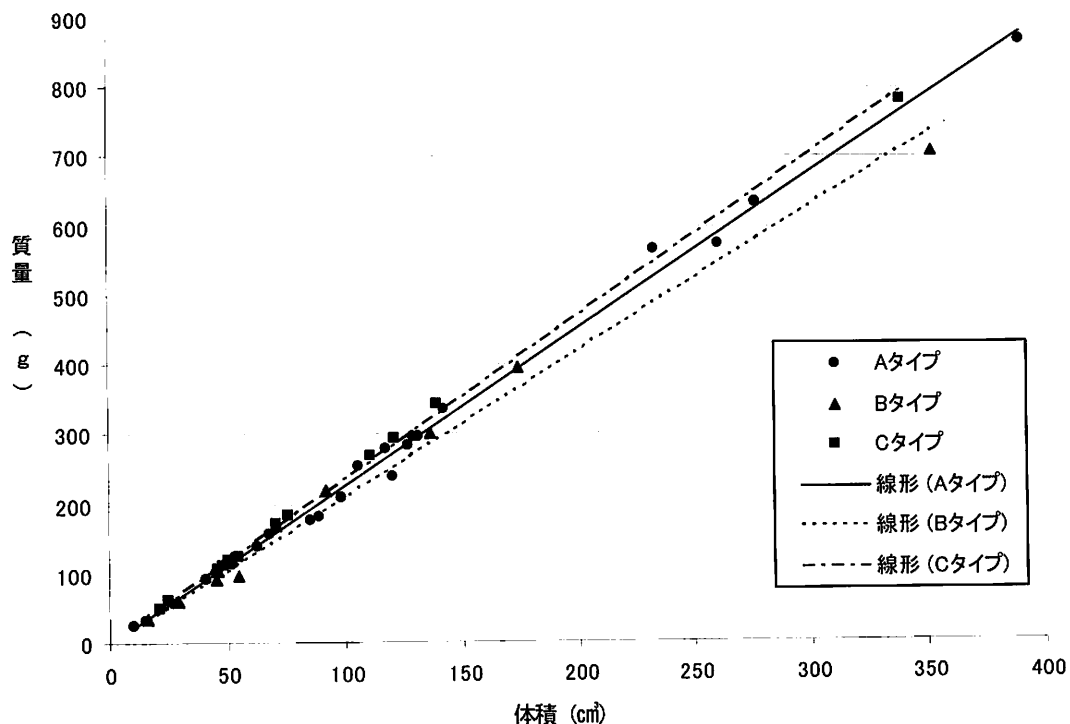


図4 緑川の溶結凝灰岩の比重

火砕流堆積物の模式的岩層変化 (渡辺 2001) に対応させると、本質レンズの形状からみたAタイプは強溶結部、Bタイプは弱溶結部、Cタイプは強溶結の最下部が侵食されてできた岩石ではないかと考えられる (図5)。火砕流堆積物の上部から下部に向けて圧縮作用で比重が大きくなると考えられるが、川原の溶結凝灰岩の比重が $C > A > B$ の順になった結果は、図5の模式図に合致した。また、同じ強溶結部に由来すると考えられるAタイプとCタイプの比重の平均値の差が小さいことも、図5の位置関係から説明できる。Aの

基質が白っぽい理由は高温・高圧が続いて脱ガラス化が行われたためであり、Cの基質が黒っぽい理由は地表面と接した部分が急冷されてガラス化が進んだためと解釈できる。脱ガラス化とは、火山ガラスが冷却中に結晶質になる作用で、この作用が進むとガラスは透明度が下がり、遂には微細な結晶の集合体になる作用である (渡辺 1989)。以上のことをさらに検証するためには、火砕流堆積物の露頭の岩石と川原の岩石とを比較する必要がある。

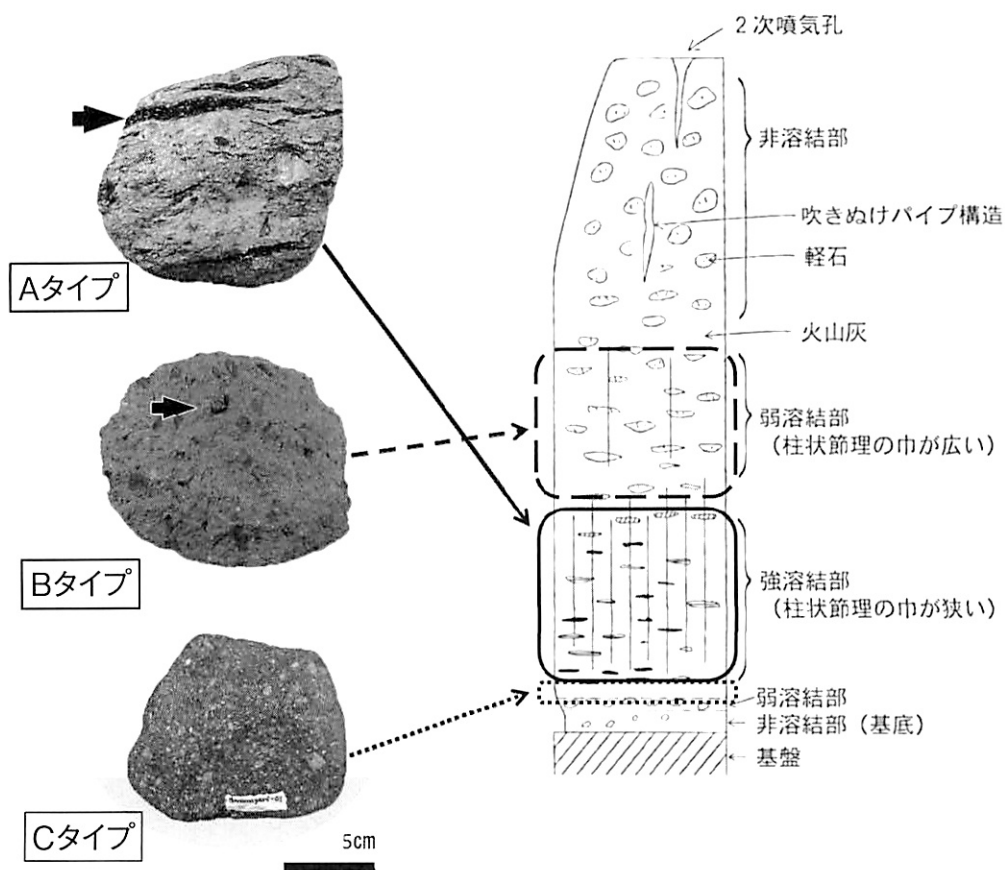


図5 溶結凝灰岩の模式的岩層変化 (渡辺 1989) と川原の溶結凝灰岩の対応。矢印は本質レンズを示す。

#### b. 溶結凝灰岩の大きさの変化

調査した5地点における溶結凝灰岩の大きさの分布を図6に示す。溶結凝灰岩50個の大きさの平均値は、上流側から、白藤 (C) :  $52.6 \pm 46.8$  cm, 七曲 (D) :  $46.8 \pm 30.1$  cm, 津留 (E) :  $24.3 \pm 22.0$  cm, 井戸江 (G) :  $25.0 \pm 20.6$  cm, 津志田 (H) :  $10.7 \pm 7.2$  cmであり、上流から下流にかけて川原の溶結凝灰岩の大きさが小さくなっていることが確認できた。C, D, E地点は上流域で近接しているが、E地点はやや開けた谷間になっていて、C, D地点に比べると50 cmを超える溶結凝灰岩は少なかった。また、

この上流域の3地点では、50 cmよりも小さい溶結凝灰岩も観察された。上流域には大きな岩石のみがあるという紋切り型のイメージとは異なる事実として、このような数値データは重要ではないかと考えられる。この3地点における人頭大よりも小さな溶結凝灰岩は、川の近くの露頭が崩壊するときに生じたものであるか、より上流から運搬される途中で小さくなったものと考えられる。緑川ダムより下流のG地点では、握りこぶし大 (20 cm程度) よりも小さな溶結凝灰岩が60%を占め、中流域のH地点では90%になった。以上のことから、緑川では、溶結凝灰岩

の大きさに着目すると、数値データを根拠とした流水の侵食作用と運搬作用の学習が行えるのではないかと考えられる。

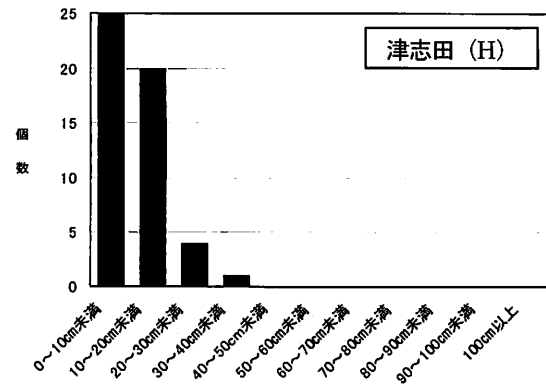
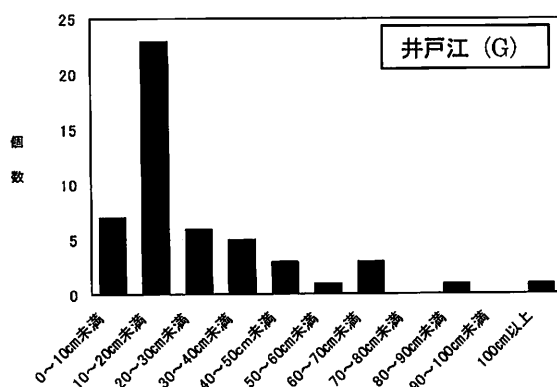
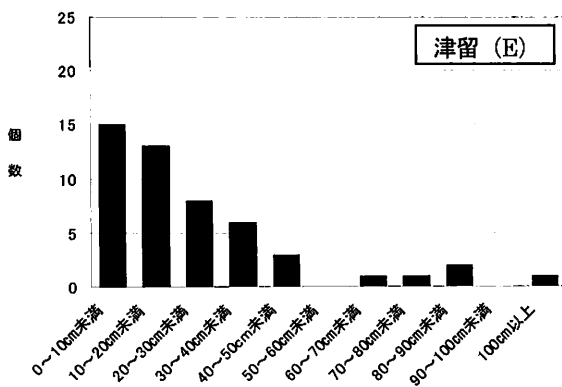
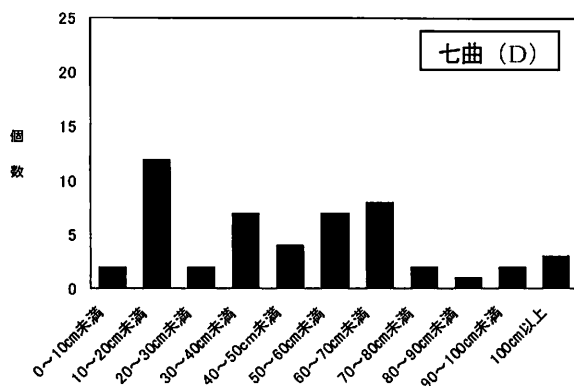
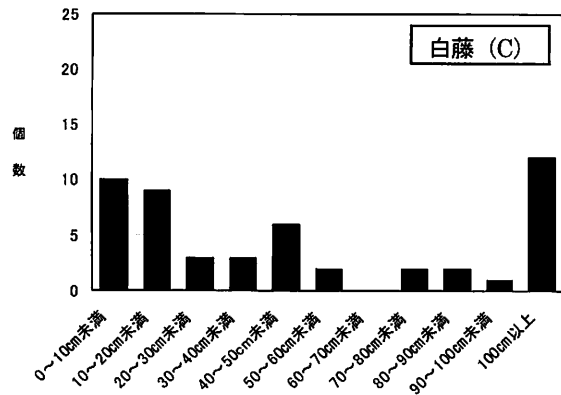


図6 溶結凝灰岩の大きさの分布

#### 4. 緑川の地形と溶結凝灰岩

川原の石だけでなく、緑川全体を見通す場合も溶結凝灰岩は、「流水の働き」や「土地のつくりと変化」の学習に利用可能な特徴を示していた。

緑川の上流の谷には、内大臣橋（高さ 88m）や鮎の瀬大橋（高さ 140m）に代表されるような高い橋があり、川の流れやV字谷の地形を観察することができた（図7 a）。緑川のV字谷は、火砕流堆積物が谷を埋めたあと、流水の侵食作用によって火砕流堆積物（溶結凝灰岩）が削られてできたものが多い。実際に緑川上流の川沿いでは、溶結凝灰岩の柱状節理（図7 b）や、岩壁から崩落した溶結凝灰岩の巨岩（図7 c）を観察することができた。これらの地形や事象は、流水の侵食作用を示す教材として取り上げることが可能であり、小学5年で扱う流水モデル実験と比較できるのではないかと考えられる。

阿蘇山の火砕流堆積物が谷を埋めて、そこに新たにV字谷が生まれた経緯は、小学6年「火山活動による土地のつくりと変化」と関連して扱うことが可能である。図7 a のような深い谷の景観は、流水による溶結凝灰岩の侵食と結び付けることで、ダイナミックな自然の変化の実感につながるのではないだろうか。

溶結凝灰岩は加工しやすい石材になるので、緑川の堤防や石橋にも用いられている。緑川で野外観察を行えば、子どもたちは堤防や橋という人工物にも溶結凝灰岩を見つけることができるであろう。つまり、緑川では、小学5年「川とわたしたちの暮らし」でも溶結凝灰岩と関連づけた学習が計画できる。



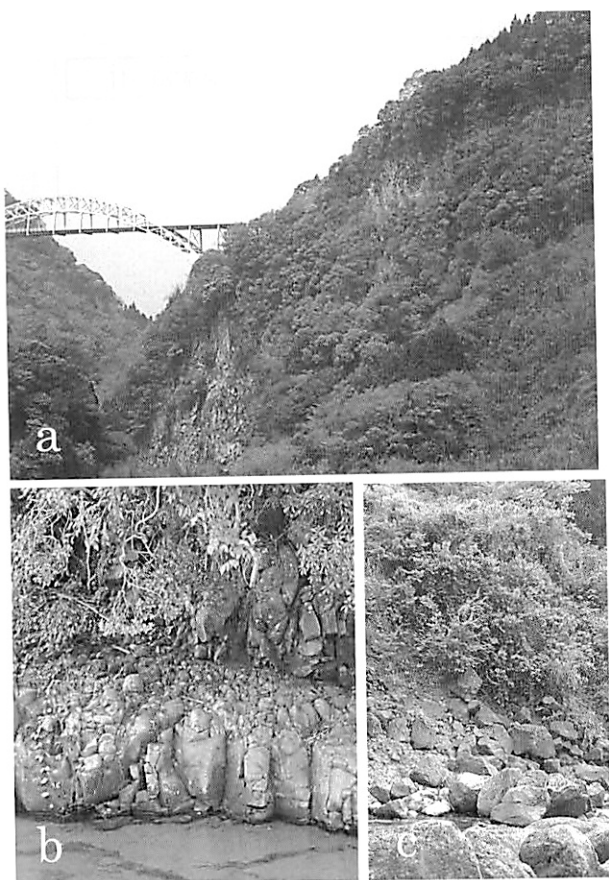


図7 緑川の地形と溶結凝灰岩.

a : 内大臣橋とV字谷. b : 溶結凝灰岩の柱状節理.  
c : 岩壁から崩落した溶結凝灰岩.

#### IV. 教材化

##### 1. 溶結凝灰岩を鍵にした緑川の教材化

緑川本流の川原では、流域の地質の特徴が反映され多様な岩石を採取することができた。緑川の川原の石の多様性は、岩石の種類や地質との関連性を学習するときには適した特徴になるが、流水の働きの学習ではやや視点が発散するかも知れない。秦と長（1993）は、花崗岩地帯を流れる斐伊川において、礫としての特徴が明確な中生代火山岩類や第四期玄武岩を用いると、鉱物学および構造学的視点から教材として適していることを指摘している。緑川では、以下のような特徴をもつ溶結凝灰岩が教材として適しているのではないかと考えられる。

- ①黒色の本質レンズの模様があるので同定しやすい。
- ②緑川本流の上流から中流の川原では、普通に観察できる岩石の一つである。
- ③侵食されやすく、上流から下流に向けてサイズが小さくなる変化を確認しやすい。
- ④上流において柱状節理や露頭からの転石を観察できるので、中流や下流の石の供給源を認識しやす

い。

- ⑤緑川流域で、溶結凝灰岩を用いた橋や堤防などを観察することができる。

このような利点がある一方で、溶結凝灰岩は火成岩と堆積岩の両方の性質をもつ岩石であるために、堆積岩や火成岩の学習のための教材としては取り上げにくいという問題がある。

##### 2. 溶結凝灰岩を鍵にした単元構想

緑川の溶結凝灰岩は、その特徴から小学5年「流水の働き」と6年「土地のつくりと変化」の学習を結び付ける教材として利用可能である。また、「流水の働き」では、緑川を地域教材として活用するための鍵になると考えられる。そこで、本研究では、「流水の働き」の教材をリンクするための鍵として溶結凝灰岩を利用するための単元構想（図8）を作成した。

単元展開の左側には、科学的な知識理解に関する目標である「侵食」「運搬」「堆積」の欄を設けて、小単元の学習との関連性の強さを「◎」「○」で表した。そして、右側には小単元の学習を結び付ける鍵として「溶結凝灰岩」の欄を設け、溶結凝灰岩が各小単元のどのような学習内容と結びつくのかを簡潔に示した。図7では、第1次：野外学習→第2次：流水のモデル実験→第3次：緑川の上流・中流・下流の学習（資料学習）→第4次：緑川の石の学習→第5次：自然災害・自然愛護→単元のまとめという単元の展開を提示しているが、第1～4次を通した問題解決の流れを重視している。各小単元においてもそれぞれに問題解決の学習が行われる。地域教材としての緑川と溶結凝灰岩は、小単元の問題解決のための教材であり、さらに小単元を結び付ける教材に位置づけている。例えば、第1次では上流域において溶結凝灰岩に注目しながら、川原の石を採取したり、大きさを調べたりする。その採取した岩石と調査結果は、第4次の学習で用いる。そのときに溶結凝灰岩に注目させることで、単なる印象ではなく、具体的な事実からの考察を促す。また、第2次の流水の働きに関するモデル実験の結果は、第3次の緑川上流・中流・下流の様子（写真などの資料）と対比させる。このときに溶結凝灰岩の柱状節理、上流の転石に関する資料を用いると、実際の川と流水のモデル実験の結果を結び付けて、水の浸食作用の理解を深められるのではないかと考えている。また、第1次において、自分で採取した川原の溶結凝灰岩を常に手元に置くことで、野外学習で訪れた緑川の記憶を呼び覚まししながら、第2次以降の学習が展開していくことを期待している。



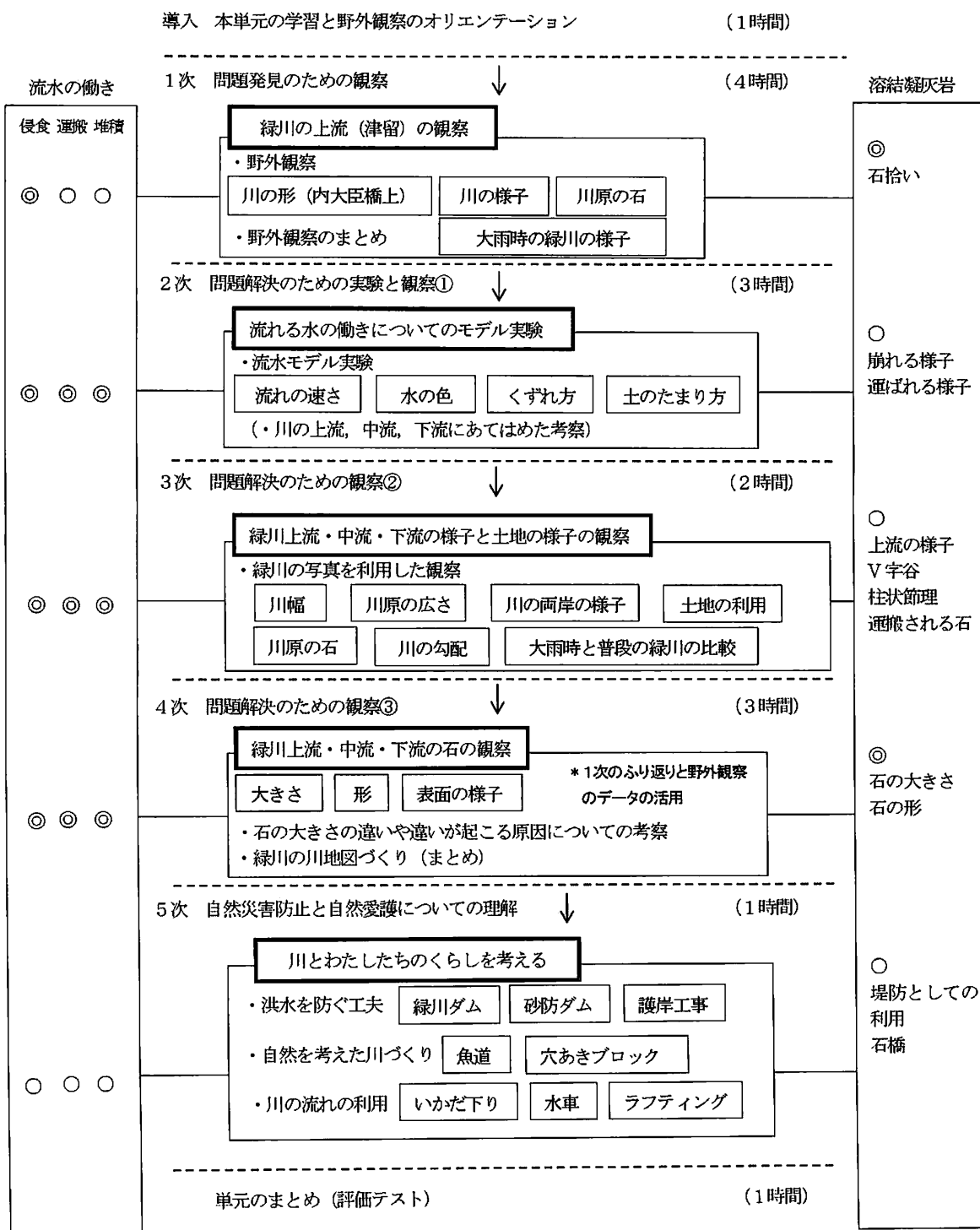


図8 溶結凝灰岩を鍵にした小学5年「流れる水のはたらき」の単元構想

## V. 今後の課題

熊本県の緑川を題材とした地域教材の開発において、溶結凝灰岩を活用するための教材研究と教材化を行った。溶結凝灰岩については、小学校理科の地域教材として利用可能な適性をもつことがわかったが、実際の川で侵食されていくプロセスを明らかにして、流水の働きを示す根拠としての適切性をより詳細に検証する必要がある。また、溶結凝灰岩を用いた侵食作用に関するモデル実験の開発も検討したい。

下久吉と山崎（2004）は、地層の観察と関連づけて川原の礫を調べるための教材研究を行い、中学校理科における学習展開を提唱している。実践は行われていないが、地域教材の活用と学習内容のつながりを意図した教材化と言える。本研究では、地域教材としての緑川を生かすために溶結凝灰岩に注目した。その結果、学習内容のつながりを導く教材化では、小学5年「流水の働き」で単元構想の試案を提示できた。これから単元内の各時の授業構想を行い、実践を通して教材開発の成果を検証していく予定である。また、小学6年「土地のつくりと変化」における単元構想および小学5年と6年の教材を結びつけるための授業構想にも取り組む予定である。小学校5年、6年における単元構想、授業構想、実践を通して、地域教材の学習効果や、溶結凝灰岩のような具体物による教材のリンクが、児童の認識の深まりや自然の事象に対する興味・関心の高まりに効果的であるのか検証していきたい。

## 謝 辞

渡辺一徳氏（阿蘇ジオパーク学術顧問、熊本大学名誉教授）には、本研究の趣旨を理解のうえ、溶結凝灰岩等について、専門的見地からご指導・助言をいただいた。ここに深く感謝の意を表したい。

## 文 献

- 井手上光博, 渡邊重義 (2011) 小学校理科における地域の川の教材化—川原の石の教材研究—, 日本科学教育学会研究会研究報告, 26(2), 33-36.
- 下久吉博宣, 山崎博史 (2003) 地域の地質を活かした河原の歴史の学習材としての展開試案—広島県福山地域を例として—, 学校教育実践研究, 10, 189-196.
- 永田英治 (1994) 日本理科教材史, 東京法令出版, 302-318.
- 秦明憲, 長和博 (1993) 河床礫教材化の視点—花崗岩地帯を流れる河「斐伊川」を例として—, 日本理科教育学会研究紀要, 34(1), 1-10.
- 渡辺一徳 (2001) 一宮町史 自然と文化 阿蘇選書⑦阿蘇火山の生い立ち, 一宮町, 126.
- 渡辺一徳 (1989) 石材としての阿蘇溶結凝灰岩, 熊本地学会誌, 91, 6-12.