

花崗岩地帯を流下する河床砂の特質とその教材としての価値

秦 明德*・鎌田祥史**

Akinori HADA and Shouji KAMADA

A Study of Some Characteristic Features of River-bed Sand in Granitic Rock Areas and its Potentialities for Teaching Materials.

[KEYWORD]

river-bed sand, composition of sand elements, roundness, potentialities for teaching materials, granitic rock areas

[ABSTRACT]

The present authors have analyzed some characteristic features of river-bed sediments found in orogenic zones in Japan and considered their potentialities for teaching materials. They also try to investigate some features of sand in Hii River. The river runs through granitic rock areas and is the largest river in the eastern part of Shimane Prefecture. On the basis of the results, we suggest that it is necessary to take the three factors into account in developing teaching materials : (1) how the elements of river-bed sand change as we go down along the river to down the river, (2) whether there are any similarities or differences between river-bed sand and weathered products of granitic rocks, and (3) whether there are any similarities or differences between river-bed sand and coastal sand or dune sand.

I はじめに

筆者等は、日本における川教材について下記の問題点を指摘してきた。(秦 1993)¹⁾、(秦・長 1993)²⁾。

①従来の川教材は、水理学的立場からの川の働きに関する内容に重点がおかれてきた。その結果、具体的な河川よりもより理想化された河川が好まれ、モデル実験等が重視されるようになり、地学的自然としての川を捉える目が失われがちになった。

②日本列島は世界の変動帯に位置するため、その河川は大陸の河川に比べ、流路延長は短く急勾配であり、急流河川の性格を強く持っている。さらに日本は多雨地帯に相当するため、その河川は世界的に見ても年流出量、比流量共に高い(大森 1986)³⁾。したがって日本の河床

堆積物は、大陸の河川のものと同次元の扱いをすることはできない。

③授業で実際の河川を観察する際、指導者や学習者が教科書的な観念枠の中で観察をしようとするため、この観念と実際の河川で観察できる事実との間に矛盾が生じ、指導者や児童、生徒の戸惑いの原因となっている。

筆者等は以上の問題点に留意しながら、島根県東部最大河川である斐伊川を研究対象に取り上げ、具体的自然としての河川の教材化を図ろうとしてきている。斐伊川は、後述するように花崗岩地帯を流下する河川で、その河床堆積物は花崗岩類起源の砂質堆積物が大部分を占めている。このため、斐伊川のような花崗岩地帯を流下する河川では、砂質堆積物をどのように扱うかが教材化で重要となってくる。そこで、本研究では、砂質堆積物に

* 島根大学教育学部 ** 島根県宍道町立宍道中学校

焦点を当て、その特質を探るとともに、その教材としての価値を明らかにしようと試みた。

II 研究の内容

1 砂質堆積物の特質の解明

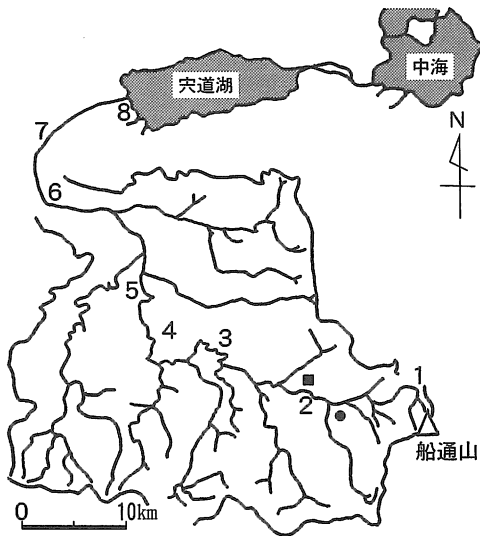
本研究では、図-1に示す地点で試料を採取し、斐伊川における砂質堆積物の上流域から下流域までの変化を次の事柄について追求した。

- (1) 砂質堆積物の粒度組成
- (2) 砂質堆積物の構成物の含有率
- (3) 砂質堆積物に含まれる鉱物（石英、カリ長石、磁鉄鉱）の形状変化

さらに河床砂質堆積物との比較検討のため、供給源である花崗岩類の風化物（図-1）、海岸砂・砂丘砂（図-2）についても同様の観察測定を行い、斐伊川における河床砂質堆積物の特性を明らかにしようとした。

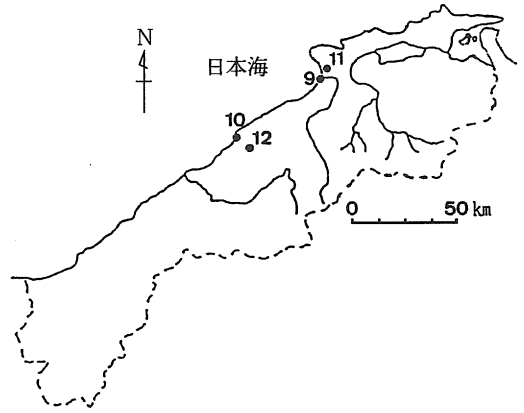
2 砂質堆積物の教材としての価値の検討

素材研究の結果に基づき、花崗岩地帯を流下する砂質堆積物の教材としての価値について検討する。



- ：黒雲母花崗岩風化物 ●：花崗閃緑岩風化物
 1：斐乃上 2：三成 3：尾崎 4：西日登
 5：斐伊 6：上乘寺橋 7：神立橋 8：河口

図-1 斐伊川水系での試料採取地点



- 9：長浜海岸 10：琴ヶ浜海岸
 11：浜山新砂丘 12：三子山古砂丘

図-2 海岸、砂丘での試料採取地点

III 試料採取地点の地形、地質の概要

1 斐伊川流域

斐伊川は中国山地の脊梁部、島根・鳥取県境に位置する船通山に水源を発する。本河川は、北側に流下しながら北東-南西とそれに直行する方向の構造支配を受け、樹枝状に広がる支流を集めて出雲平野に入り、穴道湖へと流入する。流路延長は97km、流域面積は915km²で（穴道湖、中海を加えると流路延長は153km、流域面積は2070km²となる）、島根県東部最大の河川である。

斐伊川流域の地質概略を図-3に示す。最上流域にあたる脊梁部では、流紋岩質火砕岩を主体とする中生代火山砕屑岩類が分布し、同じく上流域においてのみ第四紀アルカリ玄武岩が分布する。花崗岩類の分布は、黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩を主体とし、閃緑岩、花崗斑岩、アプライト等を伴っている。これらの岩体は著しい風化作用を受け、厚い風化殻を形成しており、その厚さは数十メートルから、深いものでは百メートル以上にも達する。この花崗岩類の風化殻は風化段階により6帯に分帯できる（秦 1989）⁵⁾。本研究では、この分帯に基づき、各風化段階より試料を採取した。

表-1 野外における肉眼観察を主とする花崗岩類の風化殻分帯

風化分帯	野外での特徴
VI帯(土壌帯)	最上部層にあたり、移動性風化物に有機物が混入し土壌化している。
V帯 (赤色真砂帯)	黒雲母などの赤褐色化により風化物は白色と赤褐色の斑紋状を示すようになる。地表近くでカリ長石は消失するが石英は残留している。
IV帯 (真砂帯)	斜長石が粘土化しだす。下部では斜長石を指頭でつぶすと相当な抵抗感があり核の部分はつぶれないで残る。上部に向かい次第に粘土分が増加し、指頭でつぶしても抵抗感はなくなってくる。下部ではハンマーで軽打すると砂状に崩れるが、上部では粘土分の増加により塊状で採取が可能となる。
III帯 (砂礫帯)	加水分解作用を受け、粒子間、特に斜長石粒子間の結合力が弱くなり、ハンマーで軽く打つと0.5~2 cm程度の粒子となって崩れ落ちる。しかし斜長石はまだ粘土化していない。全体の色調は青白色が強い。
II帯 (微風化岩帯)	斜長石は白濁化し、黒雲母周辺の茶褐色化が進行する。ハンマーでの感触は新鮮岩より反発が弱く、割れやすくなる。
I帯 (新鮮岩帯)	新鮮な岩石で、風化作用の影響がみられない。

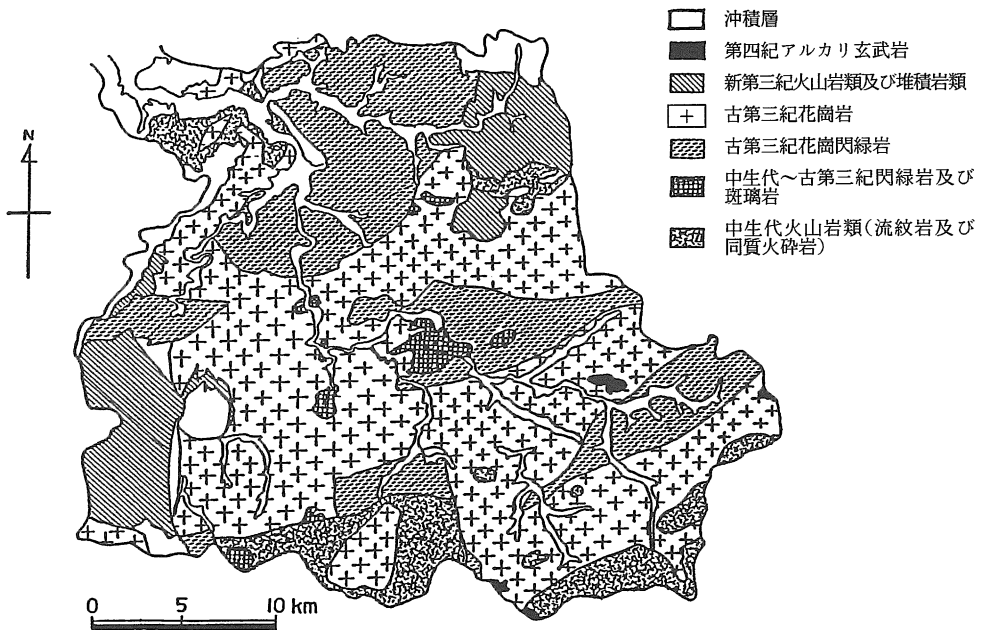


図-3 斐伊川流域の地質図(島根県地質図⁴⁾より作成)

以上のように、斐伊川流域の花崗岩類は厚い風化殻を形成しているため、崖崩れ等の土砂崩壊が発生しやすく豪雨のたびに花崗岩類の風化生成物が崩壊、流出し、土砂災害を多発してきた。また、下流域では多量の風化生成物が流入するために天井川が形成されている。出雲平野は斐伊川の沖積作用によって形成された平野で、たたら製鉄用の砂鉄採取のために行なわれた「かんな流し」もその形成に大きな影響をもたらしたとみられる。

2 海岸砂

長浜海岸(図-2 9)は、島根半島西岸を南北に約10km伸びる完新世以降に形成された砂質海岸である。上、中流域の花崗岩地帯と中流域の三瓶山起源の石英安山岩地帯を流れる神戸川の河口が接続している。

琴ヶ浜(図-2 10)は、宍摩郡仁摩町に位置し、東西に湾曲しながら約1.5km伸びる砂質海岸である。この海岸には多量の砂を運搬する河川が接続していないにもかかわらず、多量の砂がみられるところから、周辺に分布する砂丘堆積物が琴ヶ浜の砂の供給源と考えられる。さらにこの海岸は東西を新第三紀中新世の火山噴出物からなる長い岬に囲まれており、一度流入した砂が閉じこめられ、長い間繰り返して円磨を受けてきた。このような特殊性から、琴ヶ浜の砂は衝撃を与えることにより独特の振動音を発生し、一般に「鳴り砂」として知られている。

3 砂丘砂

浜山新砂丘(図-2 11)は、島根半島西岸から約2.5 km内陸の島根県出雲市浜町付近に位置し、南北に約2.5 km、東西に約1 km延びる完新世に形成された山陰第一級の砂丘である。江戸時代に松の植林が始められ、現在、松林となっている。

三子山古砂丘(図-2 12)は、海岸線から約5~6 km内陸で、標高300~400mの、宍摩郡温泉津町三子山周辺に分布する。この古砂丘は鮮新世中期から更新世前期にかけて堆積した都野津層上位に位置する風成砂層で、海成粘土層と大江高山火山噴出物に挟まれている。さらにその上に淡水成粘土層が覆い、再び風成砂層、大江高山火山噴出物が覆っている。現在、良質の珪砂を産する鉱床として採掘が行なわれている。

IV 砂質堆積物の特質

1 砂質堆積物の粒度組成について

(1) 粒度分析の方法

風乾試料1.0kgを標準網ふるいにかけて、粒度加積曲線を作成した。その結果に基づき、粒度別の重量百分率を

求めた。その際、貝殻等が混入している可能性が高い海岸砂や砂丘砂については、10%塩酸で処理した後、同様な方法で重量百分率を求めた。

(2) 分析結果と考察

①砂質堆積物の粒度組成

斐伊川河床及び海岸、砂丘における砂質堆積物の粒度分析の結果を図-4に示す。この結果から次のことが明らかになる。斐伊川においては、上流域から河口まで粗粒砂以上の粒子の占める割合が高い。しかも、どの地点でも礫~細粒砂が含まれており、採取地点による大きな変動は見られない。ただし、上流域では礫の割合が高いのに対し、下流域では粗粒砂の占める割合が高くなる傾向は存在する。この傾向は、下流域では花崗岩類の風化物の流入がなくなり、河川勾配もゆるやかになっていることに対応している。

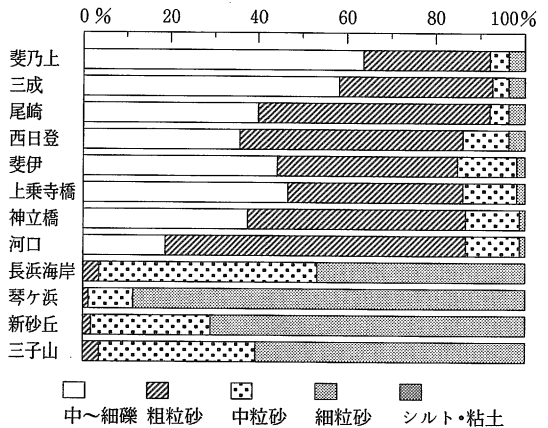


図-4 斐伊川流域及び海岸、砂丘における砂質堆積物の粒度分布

これらの河床堆積物に比べて、各海岸砂、砂丘砂では細粒砂、中粒砂の割合が著しく高くなり、粗粒砂以上の粒子はほとんど含まれなくなってくる。流水の作用により堆積した海岸砂より、風成砂である砂丘堆積砂が粒度が小さくなる傾向があるが、琴ヶ浜海岸の砂質堆積物は粒度が小さく、そろっており、例外的である。これは前述したように、両端に長く伸びた岬に囲まれた奥深い湾内に、ある時期に閉じこめられた砂が長時間にわたって円磨を受けた結果だと推定できる。

②風化花崗岩類の粒度組成

斐伊川の砂質堆積物の起源となる風化花崗岩類の粒度分析の結果を図-5に示す。黒雲母花崗岩の砂礫帯では、中~細礫の割合が最も高く、約70%を占める。そして下部真砂帯、上部真砂帯と風化の進行に伴い、その割合は

減少し、より小さな粒子の割合が徐々に高くなっていく。特にシルト・粘土の割合の増加が著しい。

花崗閃緑岩においても黒雲母花崗岩と同様な風化傾向を示すが、粒子の細粒化現象はより顕著であり、最も風化の進んだ赤色真砂帯においては、シルト・粘土の割合が約半分まで増加してくる。

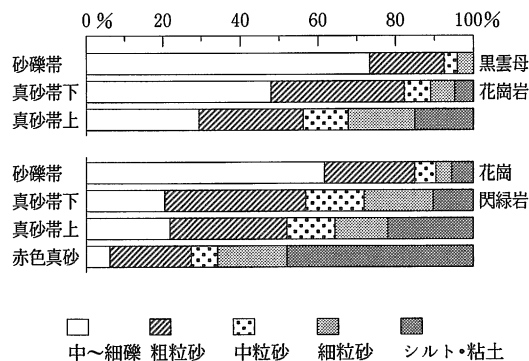


図-5 風化花崗岩類の粒度分布

以上の結果から、地表付近の風化花崗岩類の多くは真砂状になっているために鉱物間の結合力も低く、容易に侵食を受け、河川に流入していくものと考えられる。また、風化花崗岩類内には細粒砂やシルト・粘土が多量に含まれているが、斐伊川内では極めてわずかしが含まれていない。この理由は、これらの小粒子は運搬されやすく、ほとんど河川内に留まることなく河口まで運搬されていくためと推定できる。このことは雨天時の川の濁りとも深い関係を持っている。

2 砂質堆積物の構成物の含有率について

(1) 測定方法

①染色法によるモード分析

Hayes & Klugman の方法 (1959)⁶⁾ にしたがって砂質堆積物の染色を行なった。はじめに各地点の試料をそれぞれふるいわけし、細礫、粗粒砂、中粒砂について染色を施した。まずふるいわけした試料をプラスチック製シャーレに一層になるように入れ、フッ化水素酸で3分間エッチングし、水洗いした。続いてコバルト亜硝酸ナトリウム (15%飽和水溶液) で1分間染色し、水洗い、乾燥させた。染色後、実体顕微鏡下で200個の砂粒子を石英、カリ長石、斜長石、複合鉱物片、その他の5種類に分類した。なお、海岸砂、砂丘砂は粗粒砂以上の粒子をほとんど含まないため、中粒砂のみ測定を行なった。

②X線回折による構成鉱物の相対的量比の分析

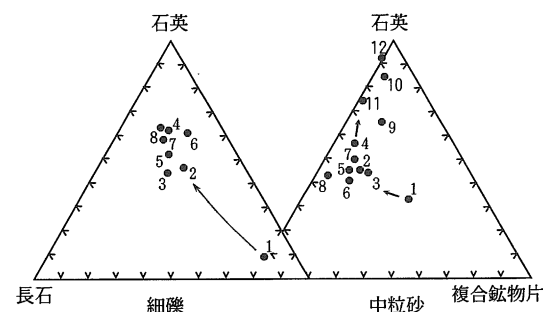
各調査地点の試料約1kgを乳鉢で徐々に粉砕し、指頭で抵抗がなくなるまで砕いた後、無方位試料を作成し、X線回折に供した。次にそのチャートを用い、各鉱物の回折線の最大ピークの高さを測定し、その相対比をもって鉱物量比とみなした。このX線回折のピーク比は、必ずしも構成鉱物比を正確に表しているとは言えないが、相対的な量比の増減を知る方法としては使用できる。

(2) 測定結果と考察

①染色法によるモード分析

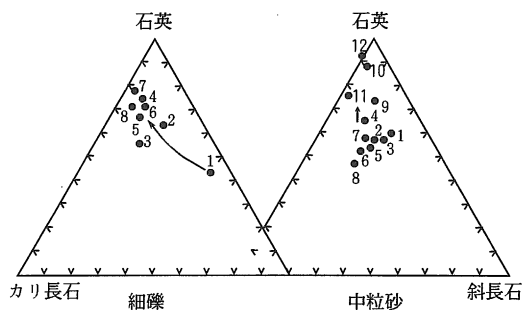
モード分析の結果に基づき、石英、長石 (カリ長石+斜長石)、複合鉱物片をそれぞれ端成分とする三角ダイアグラム (図-6) と石英、カリ長石、斜長石をそれぞれ端成分とする三角ダイアグラム (図-7) を作成した。なお粗粒砂と中粒砂の結果とはあまり差がみられなかったので、細礫並びに中粒砂の結果をそれぞれ示す。図-6をみると、細礫では、最上流の斐乃上では複合鉱物片の割合が80%と非常に高い。これは、斐乃上は黒雲母花崗岩体の縁辺部にあたるため、造岩鉱物が他の地点より細粒であることに加え、鉱化作用も被っているためである。次の試料採取地点の三成では鉱物複合片は30%となり、それ以降、河口へ移動するにしたがい、徐々に減少していき、石英の割合が増加する傾向が見られる。また、長石は河口へ移動するにしたがい徐々に減少している。中粒砂では、複合鉱物片の占める割合は河川全体にわたり減少し、細礫ほどの変化はみられなくなるが、河口へ移動するにしたがい、わずかに鉱物複合片の割合が減少傾向を示す。

一方、海岸砂、砂丘砂ともに河川の砂と比較し、石英の占める割合が著しく高い。さらに砂の供給がなくなる砂丘では、複合鉱物片はほとんど含まれない。



- 1 : 斐乃上 2 : 三成 3 : 尾崎 4 : 西日登
- 5 : 斐伊 6 : 上乘寺橋 7 : 神立橋
- 8 : 河口 9 : 長浜海岸 10 : 琴ヶ浜海岸
- 11 : 浜山新砂丘 12 : 三子山古砂丘

図-6 砂質堆積物中の石英-長石-複合鉱物片の割合



- 1: 斐乃上 2: 三成 3: 尾崎 4: 西日登
 5: 斐伊 6: 上乘寺橋 7: 神立橋
 8: 河口 9: 長浜海岸 10: 琴ヶ浜海岸
 11: 浜山新砂丘 12: 三子山古砂丘

図-7 砂質堆積物中の石英-カリ長石-斜長石の割合

また、図-7では、細礫の場合、最上流域の斐乃上では、斜長石の占める割合が50%と高いが、河口へ移動するにしたがい、斜長石は徐々に減少し、石英の割合が増加する。またカリ長石は微増傾向にある。中粒砂の場合、斐伊川内の変化は細礫ほど明瞭ではないが、斜長石が減少し、石英、カリ長石が徐々に増加する。

一方、海岸砂、砂丘砂では、河床砂と比較して斜長石とともにカリ長石も急減する傾向にあり、三子山古砂丘や琴ヶ浜海岸では石英の占める割合が90%前後を占めている。

以上の結果から次のことが明らかになった。風化花崗岩類の多くは複合鉱物片や鉱物粒子の状態で斐伊川へ流入する。これらは運搬過程において、風化作用やマグマからの生成以降に受けた物理・化学的作用により生じた亀裂に沿い、徐々に細片化していく。特に、各鉱物の変化では斜長石の減少が顕著であるが、これは、斜長石が他の鉱物に比べ風化作用を受けやすい鉱物であるために、河川へ流入するまでに既に機械的にも破壊を受けやすくなっていることが原因である。また、石英粒子が河口へ運搬されるに従い増加傾向を示すのは、地表付近においては最も安定で硬質な鉱物であるためである。このことは、長時間、波や風により円磨を受ける海岸砂や砂丘砂においても石英の占める割合が高いことからもうかがえる。また斐伊川内では砂粒子が小さくなると、下流でのカリ長石の占める割合が増加する傾向にあるが、これはカリ長石は比較的安定な鉱物であるのに加え、劈開の発達した鉱物であるため、運搬過程において徐々に劈開面にそって細片化していき、より小さな砂粒子となるためである。斐伊川下流域でのカリ長石の占める割合は

比較的高いが、カリ長石は石英ほど安定な鉱物ではないため、長時間円磨作用を受ける海岸砂、砂丘砂では徐々に磨耗されていき、その割合はしだいに減少する。

② X線回折による構成鉱物の相対的量比

風化花崗岩類のX線回折による石英、カリ長石、斜長石の構成鉱物の変化を図-8に、花崗閃緑岩と風化物のX線回折パターンを図-9に示す。黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩共に、風化作用に伴い斜長石の減少が著しく、カリ長石も徐々に減少し、二次鉱物のカオリン鉱物がしだいに増加していく。このことは、風化進行に伴い、シルト・粘土が増加することに対応する。一方、石英は最も安定な鉱物であるためにほとんど変化せず、最も風化の進行した赤色真砂帯でも残留する。

また河床砂並びに海岸砂、砂丘砂の構成鉱物比を図-10に示す。上流域の河床砂の鉱物比は、図-9に示した花崗岩類の風化物の砂礫帯〜真砂帯の構成鉱物比とはほぼ一致する。この上流域の河床砂は、下流域へ運搬されるにしたがい、斜長石の割合が減少し、石英の割合が増加する傾向にある。また、カリ長石は下流域では30%前後含まれているが、海岸砂、砂丘砂では減少し、石英の割合が非常に高くなる。

このように、斜長石は急減し、カリ長石は徐々に減少していき、最終的には石英の占める割合が高くなるという傾向は、染色法による結果と一致する。なお、長浜海岸の場合、他の調査地点より斜長石の占める割合が高い

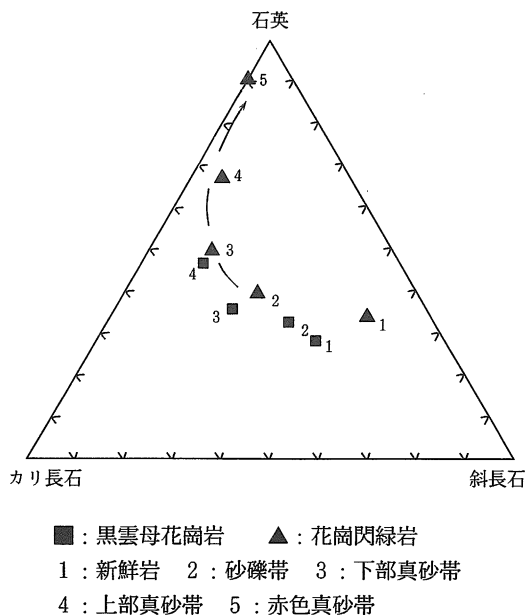


図-8 風化花崗岩類中の石英-カリ長石-斜長石の割合の変化

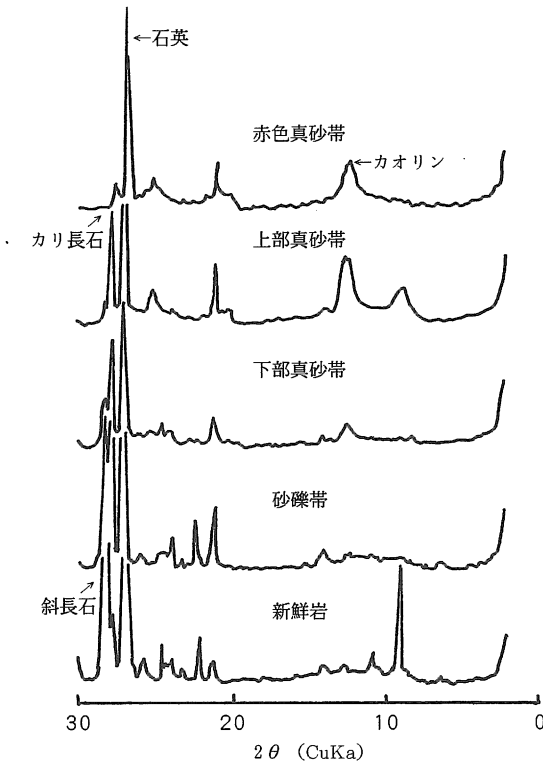


図-9 花崗閃緑岩およびその風化物のX線回折パターン

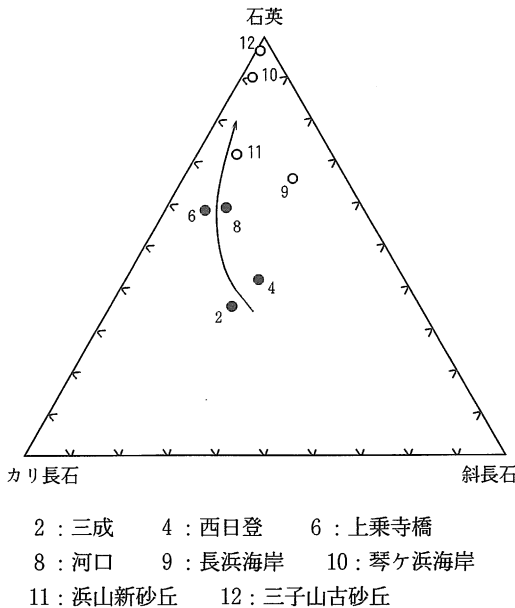


図-10 河床砂、海岸砂、砂丘砂中の石英-カリ長石-斜長石の割合の変化

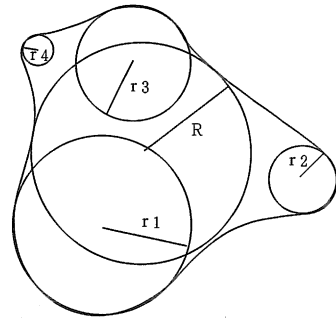
が、これは長浜海岸に接続する神戸川が三瓶山起源の石英安岩地帯を流れる際、その中の風化作用の影響を強く受けていない斜長石を取り込み、河口まで運搬するためと考えられる。

河川および海岸、砂丘の砂質堆積物の構成鉱物比を求めた結果、斜長石の減少が著しく、カリ長石も徐々に減少していき、最も安定な鉱物である石英の占める割合がしだいに高くなることが明らかになった。一方、花崗岩の風化作用の進行に伴う鉱物組成比についても同様の変化がみられた。このことは、石英、カリ長石、斜長石それぞれの鉱物の持つ物理・化学的な特性が反映されており、興味深い。

3 砂質堆積物中の鉱物の形状変化について

(1) 測定方法

河床礫や河床砂の形状を表現するものとして、しばしば円磨度や球形度が用いられるが、砂粒子の場合、三次元的測定は困難を伴うため、本研究では円磨度測定のみにとどめた。方法としては、Wadell (1932)¹⁾の方法(図-11)にしたがって円磨度測定を行なった。



$$\text{円磨度} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + \dots + r_n}{nR}$$

図-11 円磨度測定の方法

測定方法は、まず実体顕微鏡下に試料を置き、顕微鏡カメラでこれを撮影した。次に砂粒子の長径が約7cmになるように引き伸ばし、この拡大した砂粒子の外形の円磨度を測定した。また、補助的な手段として顕微鏡テレビカメラを通じてモニターに試料を映写し、この外形の円磨度測定も実施した。そして測定結果を Powers (1953)⁸⁾の円磨度の区分(表-2)により分類した。測定は、粒度分析及び構成鉱物のモード分析の結果より、中粒砂の石英、カリ長石、磁鉄鉱を対象とし、各50個ずつ行なった。試料は、斐伊川流域の花崗閃緑岩の下部真砂帯、三成、西日登、上乘寺橋、河口の砂と、各海岸砂、砂丘砂を用いた。

表-2 円磨度の区分 (POWERS, 1953)

クラス	円磨度	中央値
very angular	0.12~0.17	0.14
angular	0.17~0.25	0.21
subangular	0.25~0.35	0.30
subrounded	0.35~0.49	0.41
rounded	0.49~0.70	0.59
well rounded	0.70~1.00	0.84

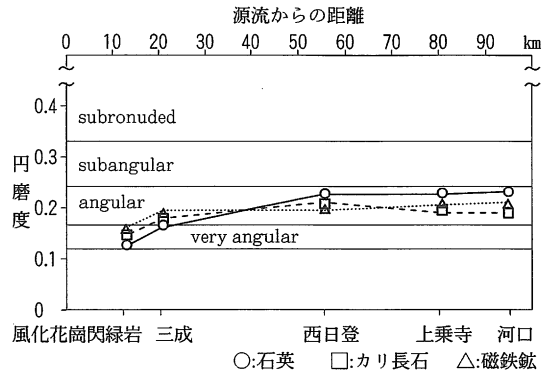


図-13 風化花崗閃緑岩及び河床砂に含まれる各鉱物の平均円磨度の変化

(2) 測定結果と考察

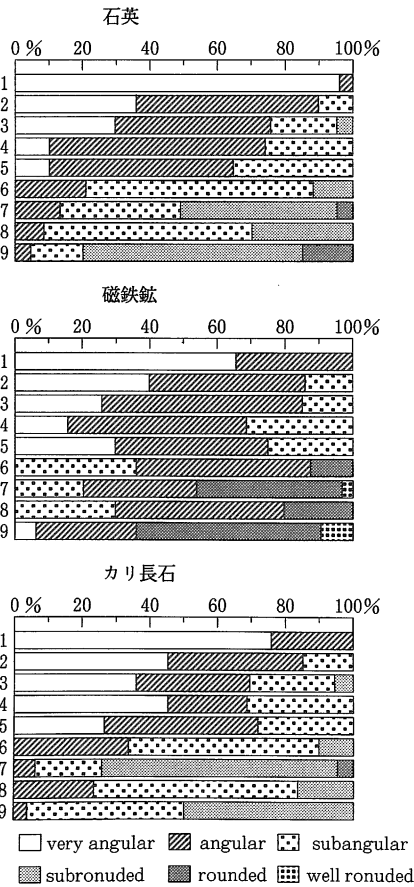
①石英について

円磨度測定の結果を図-12に、各鉱物の円磨度平均の変化を図-13に示す。図-12によれば、石英の円磨度は供給源である花崗閃緑岩の風化物内では、very angularの粒子が大部分を占めているが、河川内ではvery angularの他に angular や subangular の粒子の割合が増加する。下流域に移動するにしたがい、angular や subangular の割合はわずかに増加傾向を示すものの、全体としては大きな変化はみられない。このことは、河川における各鉱物の平均円磨度の変化の様子からもうかがえる。これに対し、海岸砂や砂丘砂の石英の円磨度は著しく上昇し、subrounded や rounded の粒子の占める割合が増加する。

石英の実体顕微鏡写真と電子顕微鏡写真を、それぞれ写真-1並びに写真-2に示す。石英は、生成時にα型からβ型への転移過程においてすでに内部に不規則な破断面が形成されており、この破断面によって破壊、細分化されていくため、不規則、不定形な形状になることが特徴である。花崗閃緑岩の風化物内の石英をみると、外形は不定形で、不規則な鋭い切り口をもった凹凸が表面に発達しているのが観察される。河口における石英にもこの凹凸は観察され、平滑になっていない。一方、海岸砂や砂丘砂の石英の破断面は、河川中の石英に観察されたように鋭くはなく、その切り口は長い間円磨を受け平滑になっており、河川のものとは形状に明瞭な差がみられる。

②カリ長石について

カリ長石の場合も、風化花崗閃緑岩内の粒子は very angularの粒子の占める割合が高いが、河川ではangular や subangularの粒子の割合が増加する。しかし、河川内では上流域から河口まで規則的な変化は見られず、石



- 1 : 風化花崗閃緑岩
- 2 : 三成
- 3 : 西日登
- 4 : 上乘寺橋
- 5 : 河口
- 6 : 長浜海岸
- 7 : 琴ヶ浜海岸
- 8 : 浜山新砂丘
- 9 : 三子山古砂丘

図-12 構成鉱物の円磨度変化

英と比較し、very angularの粒子の割合が高い。この理由は、カリ長石は劈開の発達した鉱物であるため、運搬過程においてある程度、稜の部分が円磨を受けても、新しく劈開面で剥離され、再度角張った部分が現われるためである。

カリ長石の実体顕微鏡写真を写真-3に示す。外形は劈開面に囲まれており、自形結晶を示している。下流域へ移動するにしたがい、稜の部分がわずかに円磨されるのが観察されるが、河口まで結晶外形はほぼ保たれている。一方、劈開面での剥離がそれ以上されにくくなった海岸、砂丘のカリ長石粒は、稜の部分が著しく円磨されており、円磨度も河川のものと比較し高くなる。しかし、著しく円磨を受けた海岸砂、砂丘砂のカリ長石にも劈開面は観察され、基本的な結晶構造は残されている。

③磁鉄鉱について

磁鉄鉱の場合も他の鉱物と同様、河川へ流入すると円磨度はやや上昇するものの、それ以降、河口まで大きな変化はみられない。磁鉄鉱の実体顕微鏡写真を写真-4に示す。外形は河口へ運搬されるにつれ、稜の部分がわずかに円磨されていくのが観察される。しかし、自形結晶外形は河口までほぼ保たれている。また花崗岩類の風化物中の磁鉄鉱の表面に観察される条線は、磁鉄鉱が河口に運搬されるにしたがい、その表面が磨耗され、滑らかになっていくため、明瞭な条線が観察できる割合が減少してくる。一方、海岸砂、砂丘砂における磁鉄鉱の円磨度の上昇は著しく、また、等軸正八面体結晶であることから、球形度も極めて高くなる。

これら三種類の鉱物の観察結果から、斐伊川の河床砂における各鉱物の形状は、上流域から下流域に至るまで明瞭な変化を示さないことが明らかになった。この理由

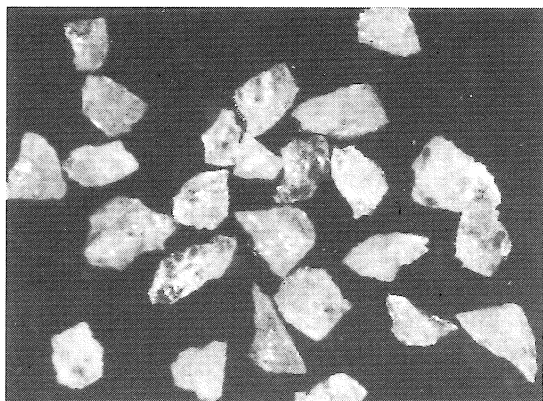
は、河川における砂粒子が、十分円磨されないうちに河口まで運搬されるためである。これに対し、海岸や砂丘の砂粒子の円磨度が上昇するのは、砂粒子が長時間波や風による円磨を繰り返し受けるためである。また、鉱物粒子の形状は、基本的には結晶構造や分子配列により決定されており、鉱物種間でその破壊や円磨の仕方が異なってくる。

4 観察、測定のとまとめ

本研究で取り上げた花崗岩類起源の砂の供給源は、秦・長(1993)が既に指摘したように、風化作用を受け、砂状になった花崗岩類である。この流入した砂は、河口までの運搬過程において、形状や粒度分布に明瞭な変化を示さないことが明らかになった。これは、流路延長が短く急流河川の性格を強く持つ日本の河川の特質が、反映されている結果である。しかし、河床砂と、異なる環境で堆積した海岸砂や砂丘砂とを比較した場合、粒度分布や形状にも明瞭な差がみられた。海岸砂、砂丘砂の粒度は、河床砂より細粒となり、一定の範囲内にそろった傾向がある。また、それらの中に含まれる石英、カリ長石、磁鉄鉱の形状は、河川のものに比べ、著しい円磨を受けている。

砂の構成物を観察した場合、河川内においても上流域と下流域の構成物では斜長石や複合鉱物片の含有率の変化は明瞭である。さらに、海岸砂、砂丘砂の構成物は河川のものとは著しく異なり、海岸砂、砂丘砂と砂の成熟度が増し、石英の占める割合が著しく高くなっていく。

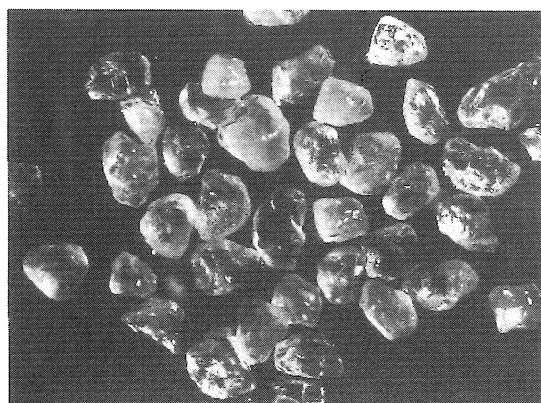
したがって花崗岩起源の砂を教材として取り上げる場合、上述したような特質に注意しながら、教材化を図ることが大切となる。



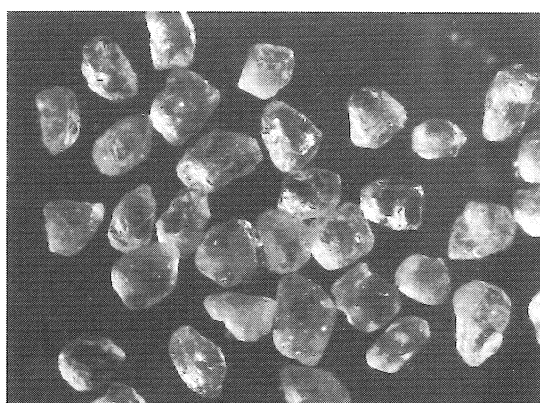
風化花崗閃緑岩内の石英粒子



河口の石英粒子



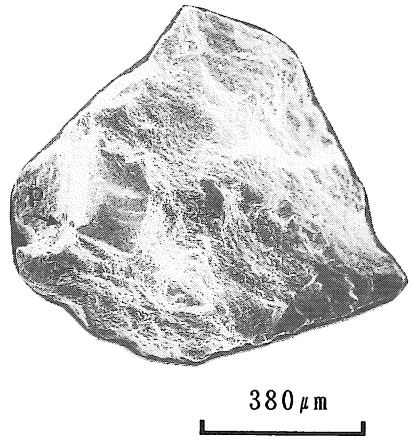
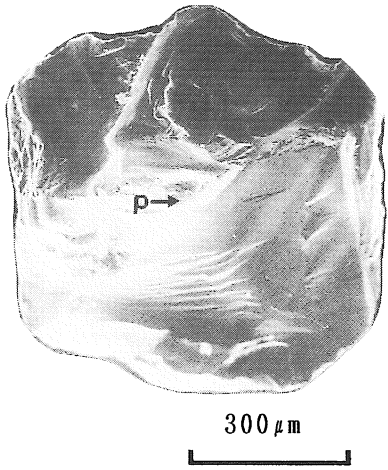
琴ヶ浜海岸の石英粒子



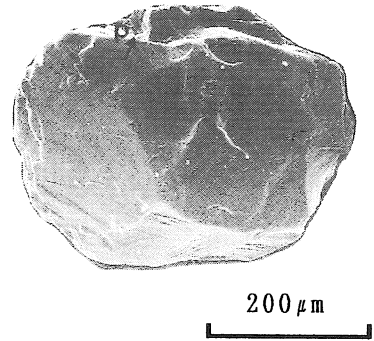
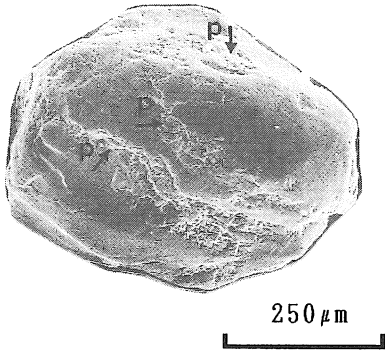
三子山古砂丘の石英粒子

0 1 mm

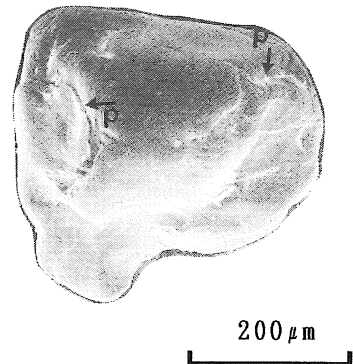
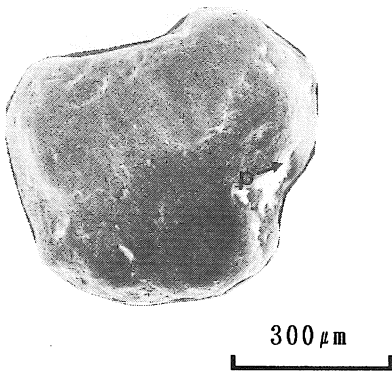
A horizontal scale bar with a vertical tick at the left end labeled '0' and a vertical tick at the right end labeled '1 mm'. The bar is a solid black line.



斐伊川河口の石英粒子



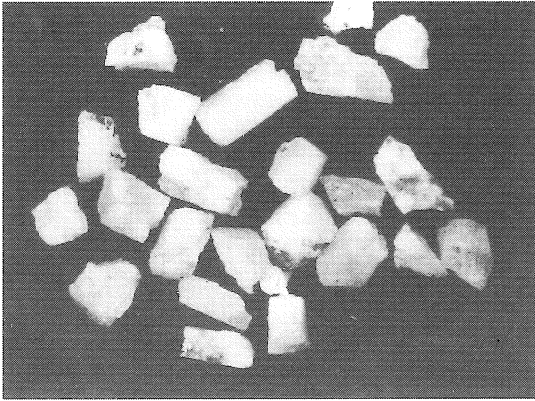
琴ヶ浜海岸の石英粒子



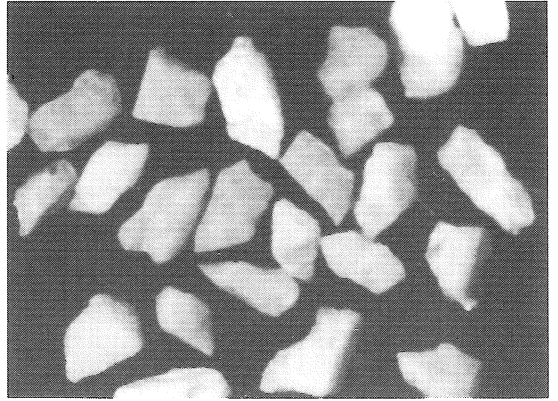
三子山古砂丘の石英粒子

P : 破断面

写真-2 石英粒子の電子顕微鏡写真



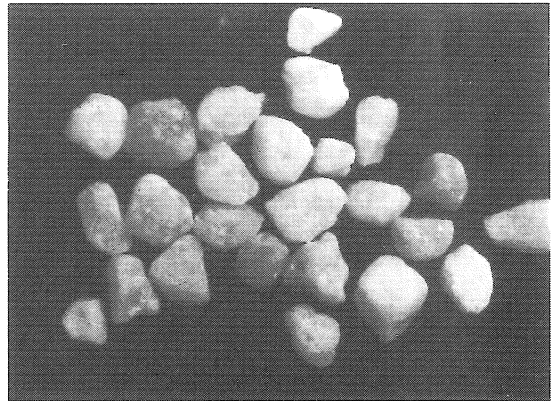
風化花崗閃緑岩内のカリ長石粒子



河口のカリ長石粒子



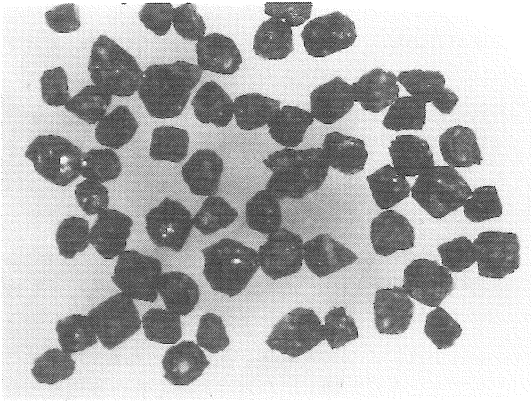
琴ヶ浜海岸のカリ長石粒子



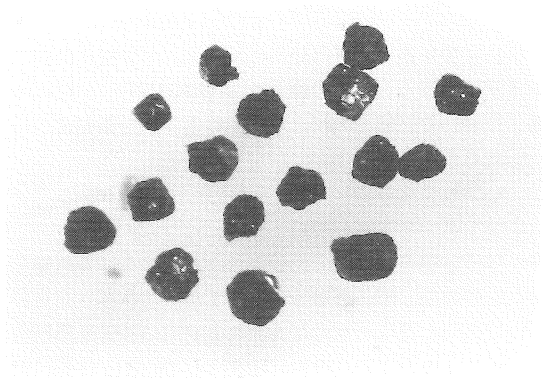
三子山古砂丘のカリ長石粒子

0 1 mm
└──────────┘

写真-3 カリ長石粒子の実体顕微鏡写真



風化花崗閃緑岩内の磁鉄鉱粒子



河口の磁鉄鉱粒子



琴ヶ浜海岸の磁鉄鉱粒子



三子山古砂丘の磁鉄鉱粒子



写真-4 磁鉄鉱粒子の実体顕微鏡写真

V 花崗岩類起源の砂の小・中学校教材としての価値

これまでに述べてきた結果に基づき、小学校生活科、第4学年理科「川とその働き」、中学校理科「大地の変化」において、砂を教材としてどのように活かせるかについて考察する。

1 小学校生活科

小学校低学年生活科では、「砂遊び、石遊び」の中で、豊かな砂体験をさせたい。砂で色々なものを作る活動を通し、砂の色、形、感触等を五感を用いて体感させたいものである。花崗岩類地帯を流れる河川の砂質堆積物内で、特に子供たちの目を引く鉱物として、カリ長石、黒雲母、磁鉄鉱がある。カリ長石は、劈開面で光を反射し、ピンク色に光る。黒雲母は劈開面で薄く剥離しているため肌に容易に付着し、また金色に光る。このため、子供たちはそれぞれを「光る粒探し」、「金探し」と命名し、砂遊びに取り組む。また、磁鉄鉱は磁石で容易に回収でき、「砂鉄集め」として取り組める。このような体験を通して、低学年で砂に慣れ親しんだ体験は、やがて次の岩石や鉱物等の地学的自然学習の基盤となる。

2 小学校第4学年「川とその働き」

花崗岩地帯を流れる河川を教材とした場合、まずはじめに上流から下流まで、砂質堆積物が広く分布していることに気付かせたい。その砂質堆積物を構成する石英、カリ長石、磁鉄鉱等の形状にはそれぞれの特質が反映されているため、それらを実体顕微鏡下で容易に識別することができる。この観察を通し、上流から下流までの砂質堆積物中には同じ鉱物が含まれていることに気付かせることができる。また、この砂質堆積物の構成物は、どこも同じではなく、上流から下流にかけて変化している。特に鉱物複合片や斜長石は減少が明瞭であるため、これらに焦点を当て、その変化を追求する活動が可能である。観察の際、海岸砂、砂丘砂を比較観察に用いると、河床砂と明瞭な違いがあるため、小学4年生にもその違いが十分に発見できる。

また、花崗岩類の風化物を水中で攪拌、沈降させ、上部の粘土分を取り除いた後、河床砂との比較、観察を行なわせることも一つの活動として考えられる。この活動を通し、河床砂の供給源である花崗岩類の風化物の存在を示すことができる。上流から河口までの河床砂の供給源が上流域の花崗岩地帯であることを知ることは、流域概念の形成にも大きく関わってくる。

このような活動により、今まで何気なく見ていた砂の中にも自然の法則性が存在するのを発見することは、学習者に大きな驚きと自然への興味を抱かせるであろう。

3 中学校第三学年「大地の変化と地球」

従来のこの単元での火成岩、堆積岩の学習は、それぞれが独立して行なわれてきた。しかし、これらの岩石に含まれる鉱物に焦点を当てると、火成岩と堆積岩を結びつけた学習を行なうことが可能となる。花崗岩類に含まれる石英は、風化作用に対しても強い抵抗性を示し、砂岩にも多く含まれる。このため、花崗岩類が花崗岩質マグマからの生成後、地表部に現われ、風化、侵食、運搬、堆積、続成作用という一連の過程を経て、石英粒子が砂岩の構成鉱物として含まれるまでを追求することができる。この学習により、火成岩、堆積岩を関連づけさせることができ、さらに地学的自然における物質循環を理解させることが可能となる。また、河床、海岸、砂丘での石英の形状、粒度組成、含有率はそれぞれ異なることから、これを手がかりとして砂岩や地層の堆積環境を追求することも可能である。これらの観察方法として、染色法や実体顕微鏡、偏光顕微鏡による観察が考えられる。

このように、花崗岩類起源の砂質堆積物は、もとの造岩鉱物の特質や、堆積環境を知るのに大変有効かつ身近な素材であり、地学的自然を理解する上でも優れた教材として授業に用いることが可能であると考えられる。

本研究では以上のように、花崗岩類起源の砂の特性を地質学的、岩石、鉱物学的側面から捉え、教材としての砂の在り方について論じた。

引用文献

- 1) 秦 明德, 1993: 楽しく親しみのある地学教育をどう創り出すか: 理科の教育, 通巻486号, pp12-15, 東洋館出版.
- 2) 秦 明德, 長 和博, 1993: 河床礫教材化の視点—花崗岩地帯を流れる川「斐伊川」を例として—: 日本理科教育学会研究紀要, Vol.34, No. 1. pp1-10.
- 3) 大森博雄, 1986: 日本の川〈日本の自然3〉: pp 212-232, 岩波書店.
- 4) 島根県地質図編集委員会, 1982: 島根県地質図: 国土地図株式会社.
- 5) 秦 明德, 1989: 風化作用観察学習のための基礎的研究—花崗閃緑岩深層風化殻を例として—: 地学教育, 42巻, 4号, pp139-146.
- 6) John R. Hayes & Michael A. Klugman, 1959: Feldspar staining methods: Jour.Sedimentary Petrology, Vol.29, No2, pp227-232.
- 7) Wadell, H, 1932: Volume, shape, and round-