

論文

小学校理科「大地のつくりと変化」の教材および実験実習と後背地概念の深化

Teaching Materials and Experimental Training for Elementary School Science
“Creating and Changing the Earth” and Deepening the Concept of Origin Rock and
Sediments

中井 睦美

Mutsumi NAKAI

Key words: 学習指導要領, 後背地, 理科教材, 砕削物

はじめに

2017年告示の学習指導要領により、小学校・中学校の義務教育段階の理科教科には、いくつかの高度な概念が取り入れられた(文部科学省, 2017)^{1) 2)}。その背景には、初等中等教育で「主体的・対話的で深い学び」という視点が取り入れられ、高等学校で「探究活動」が設置されたことも関係しているだろう。具体的には、小学校理科の内容は、以前の学習指導要領と同じく、「エネルギー」(物理に当たる)、「粒子」(化学に当たる)、「生命」(生物に当たる)、「地球」(地学に当たる)等の概念等を柱として構成され、中学、高校との一貫性に十分配慮するようにとされている。さらに「生徒が常に知的好奇心をもって身の回りの自然の事物・現象に接することになるようになることや、その中で得た気づきから疑問を形成し、課題として設置することができるようになることを重視すべき」と述べられている。また「理科の見方・考え方」を働かせて、探究の過程を通して学ぶことにより、資質・能力を獲得するとともに、「見方・考え方も豊かで確かなものとなると考えられる。」と述べている¹⁾(文部科学省, 2017)。

新しい学習指導要領の中の粒子の部分は、2011年改定の学習指導要領によって、化学にあたる部分を物質から粒子へと統一して小学校から高等学校まで系統的に粒子分野として取り上げられるようになったが、(西嘉之, 2020)³⁾は、粒子の内容について「2018年度中学3年生に実施した全国学力・学習状況調査の結果では一中略一改善する必要がある」と述べ、「この

粒子領域は、教えにくい、学びにくいとされている」と述べている。

以上の様に、総合的な学習の時間の授業だけではなく、教科の授業の中にも「探究」にあたる内容が必要とされ始めており、これを実現させるためには、義務教育を担当する教員に、生徒の探究活動を支援できる教科の力とカリキュラムマネジメント能力を求め始めている(文部科学省, 2017)^{1) 2)}。

筆者は、本論で、理科教育の実態を踏まえた上で、地球分野、特に2017年度告示の学習指導要領¹⁾で新しく導入された小学校地質分野の探究活動として、どこまで深化させるのが良いかについて述べる。

小学校理科教育の実態

日野純一(2016)⁴⁾は、2017年度告示の学習指導要領^{1) 2)}を、小・中・高等学校を通じて理科の内容の構造化が図られており、指導内容の系統性が明確になったことを評価し「ゆとりか詰め込みではなく、学ぶべき基礎基本をしっかりと教えた上で、思考力、判断力を重視した教育の考え方が伺える」としている。また、小学校教員に関する現状分析として、小学校教員の半数が理科分野を苦手あるいはやや苦手を感じており、理科の専科教員でも20%は、理科が苦手と感じていることを報告している。この背景には、小学校教員養成は、日本式大学受験で「文系」と位置付けられており、彼らは、教員養成機関である大学の学生時代から理数科に苦手意識を持っている場合が多いことが予想される。

この実情を踏まえ、文部科学省は2022年より、中学理科教員免許を持つ者が理科専科教員として小学校教育にあたることができるとした。しかし、2022年度は、中学理科教員も不足していることから、中学理科教員の小学校への配置は、現状では困難であると思われる。

2022年度の中学生の全国学力・学習状況調査の結果では、始めて理科分野の正答率が50%以下となり、理科教育において、大きな課題が提示された。国立教育研究所(2022)⁵⁾は、2021年度は、小学校の同調査で算数とほぼ同じ割合の63.4%の正答率だった理科が、中学では2021年度は数学より正答率が高かった理科が、2022年度は数学より低い49.7%となったことに対して、次の様に分析している。

予測を立てて観察や実験を行い、分析、考察する新学習指導要領の「探究」学習を意識した問題に生徒が対応できなかった。また、教科書に出されている例題と問題が異なったので、多くの生徒が、それに対応できなかったと予想している。

小学校中学校の理科教育地球(地学)分野の実態

日野(2016)⁴⁾は、中学校理科教員が最も苦手とする分野は地学分野であり約44%であると報告している。また、小学校教員は、物理分野について、地学分野が苦手であり、67%が苦手としていると報告している。

地学分野は学習指導要領では「地球」とされているが、実際には天文・気象・地質学の分野を包括している。総合的複合的な分野であり、最も災害などと直結する分野でもある。また、空間的・時間的規模が大きいいため、原則理科室等での実験による再現性がないのが特徴である。似た様な演示実験ができないわけではないが、50分やそこらで内容が納得できるものではない。実際のこの分野の研究についても、膨大な測定データや数年かける様な観察やデータを解析し、また、スーパーコンピュータでシミュレーションするといった内容である。そこで、小中学高等学校の現場では、多くがビデオに頼るか、知識として講義し、暗記科目として捉えることが多い。さらに知識偏重の意識が抜けない教員からすれば、観察によって簡単に岩石や星座等の名前がわからないことにより、観察させること、教えることに恐怖すら感じると予想される。特に、「公式」の様なモノが登場しない地質学分野は、言葉を記憶させる以外にどう教えて良いかわからないという教員が多い。小学校、中学校で火山灰が登場するが、地層の前に行ってもどれが火山灰かわからない。第一、どこへ行けば地層が見られる

かわからない。学校を建築した時の地層のボーリングコアが残っていたとしても、ボロボロになっていて、教科書にある様に教材化できない。川原に行って、石を観察すると言っても、岩石名を尋ねられて答えられないし、川原は危険なので、連れて行きたくない。これらは、すべて現場の小学校や中学校理科の教員から聞いた率直な意見である。

今回点数が悪かった2022年度の中学生の全国学力・学習状況調査の地球分野は、地層の分野(地質分野)であった。教師の苦手意識から予想すると、日常、手に岩石をとった観察や、モデルの地層を使った考察は、今の中学生からしてみれば、おそらくほとんど未経験だったと思われる。

2017年告示学習指導要領における地球分野の領域目標—新しい学習指導要領で何が加わったか—

2017年度告示の学習指導要領¹⁾では、「地球」を柱とする領域では(高校教育の地学にあたる)、主として時間的・空間的な視点で捉えること」と目標が設定されている。地学は手元での実験不能な再現実験のできない分野なので、空間的な構造と空間的な位置関係を立体的に理解させ、かつ、歴史的に物事を捉えさせなさいという意味であると、筆者は理解している。

実はこの空間的・歴史的な視点を元に、地学分野の分類はなされており、その分類や歴史的因果関係が、例えば、異常気象や、災害とも結びついている。

特にここでは、地球分野の中でも地質分野(岩石地層等)について焦点を当てて、新旧の学習指導要領の変遷について、述べる。

新たな学習指導要領¹⁾では、第5学年に「流れる水の働きと土地の変化」、第6学年に「土地のつくりと変化」において、自然災害との関連を図りながら学習内容の理解を深めたりすることにより、理科の面白さを感じたり、理科を学ぶことの意義や有用性を認識したりすることができる様にした。」となっている(アンダーラインは筆者による)。

すなわち、より複合的な考察が必要とされる項目として、流れる水の働き(侵食と運搬)、川の上流と下流と川原の石、雨の降りかたと増水が、新たに付け加わった訳である。この内容は、中学校になると、地層の重なりについて学び、それから過去の様子を復元する方へと発展する。筆者は本論で小学校5年における川(水)の働きと6年の地層さらに中学校の地層につながる系統の中で、理解しにくい事項について検討した。

調査方法（評価問題の作成）

小学校における「水の働きと大地のつくり・地層」の自然に根ざした探究活動

筆者は、初等教育の学生を対象に、2017年度告示の学習指導要領¹⁾で追加された「水の働きと大地の作り・地層」の項目における高度な空間的・歴史的（時間的）概念の理解を判定する「評価問題」を作成し、この概念の教育に関する課題を明らかにした。

次に、前章で述べた新たに学習指導要領（小学校理科）に追加された内容について、果たして自然に根ざした探究活動が可能かどうかについて述べる。

ここでは、よく教科書に登場する砂場等を利用した堆積実験や試験管やピーカーの中で行う机上の実験に近い内容のことには、触れない。というのも、「身の回りの自然に触れて」「自然災害との関連を図りながら学習内容の理解を深めたりすることにより」という特色が明示されている以上、自分たちを取り巻く実際の自然を観察して、あるいは量を使用した表現法を設定し、量が変化することを観察し、自然災害を含めた事象へと考察を深める必要があるからである。

ここで特筆したいのは、小学校理科は、中学の様な「仮説を立て」「公式を導き」「演習で問題を解き」という様には、なりにくいということである。小学生向けに、目に見える形で量の変化や質の変化を表すには、簡単な誰にでもできる分類と、分類したものを量で表し、グラフ化して比較するという工程が最も分かりやすい。筆者は、小学校中学校の教員向けにかつて開催していた、教員免許更新講習の講座で、次の様な実習の提案をしていた。この作業を使用した問いは、川の働きの概念の理解度を測る評価問題としても使用可能である。

次に、それらの評価問題について述べる。評価問題は川原の石の円磨度と川原の石の種類と起源の2種類についてそれぞれ実習作業を取りいれながら、具体的に目で観察して理解できる範囲で、作成した。

(1) 川原の石の分析実習

石の名前は使わない→川原の石を形（円磨度）で分類すれば、石の名前の判定ができなくても良い。円磨度はKrumbein(1941)⁶⁾の分類によって形の類似性を認識して、絵合わせ方式で9通り(0.1-0.9)に分類し、それから角張っている(0.1-0.3)、中くらい(0.4-0.6)、丸い(0.7-0.9)に3分類に直す。関東地方で教える教員ならば誰でも容易に近づける、a 奈良俣ダム近辺の上

流、b 水上近辺の中流の上、c 本庄近辺の中流の下から、川原の石を採取し、それを使って円磨度により3種類に分類する実習を行う。結果は割合(%)で表わす。本庄では鍬川から若干角礫が流入するという問題はあるものの、概ね、a→b→cの順に丸くなり、その度合いや割合(%)を積み上げ棒グラフにすることによって、誰でも下流の方が石は丸くなるという傾向を図示することができる(図1)。

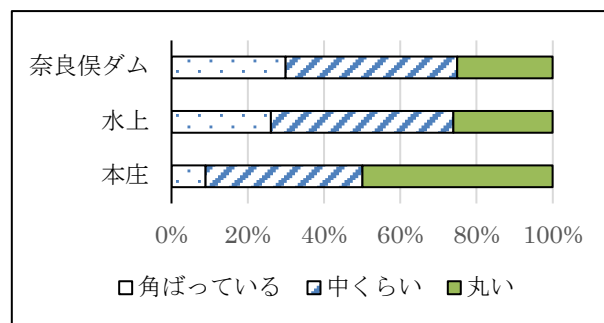


図1 利根川の川原の石の円磨度割合

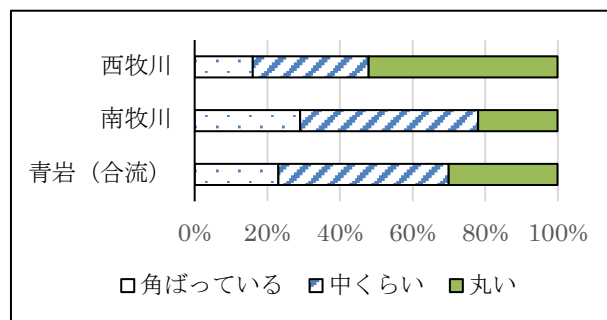


図2 下仁田の川原の石の円磨度割合

また下仁田町を調査対象として、d 妙義地域からの新しく柔らかい火山岩が分布する地域を流れる西牧川の川原の石、e 同じく南牧村の古い硬い岩石が分布する地域から流れてくる南牧川、f 上のdとeが合流した地点である青岩（ここから鍬川になる）の3種類の川原の石の円磨度と石の種類割合(%)を同じく積み上げ棒グラフにして比較する(図2、図3)

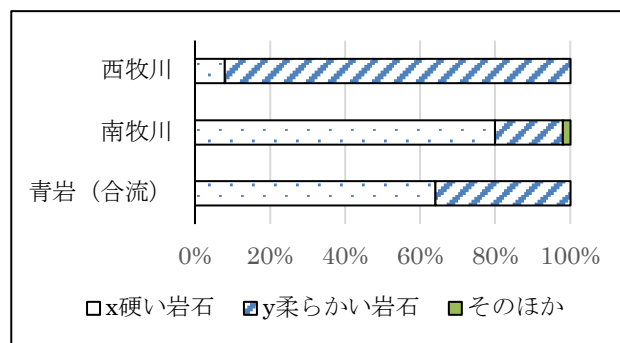


図3 下仁田の川原の石の種類割合

下仁田地域はその一部が群馬県の世界遺産にも含まれており、また下仁田ジオパークにも登録されている。西牧川と南牧川の流域は、それぞれ一目でわかる柔らかい新しい岩石と硬い古い岩石が分かれて分布しており、この内容は下仁田ジオパークの自然学校等で販売している小冊子でも簡単に判定でき、岩石名がわからなくても、x 硬い石、y 柔らかい石、z そのほかの3種類に分けるのは小学生にも簡単である(下仁田自然学校編著, 2005)⁷⁾ (図4)。

筆者はこの実習を初等教育の学生に経験させ、①川の上流から下流に行くに従って石は丸くなるか。②岩石により丸くなり易いものと丸くなり難いものがあるか。③川原の石の種類の割合から、流れる川の流入の大小が相対的にわかるか(水害の時、どちらの川からより多く土砂が流れるか)の3つの命題について、理解できるかどうかを評価した。

これらの評価問題を作成した背景は、2017年度告示の学習指導要領¹⁾に「川を流れる水の速さや量に着目して、それらと土地の変化とを関係付けて流れる水の働きを調べる」とあるからである。ほぼ、学習指導要領の範囲で実施できる内容でもある。

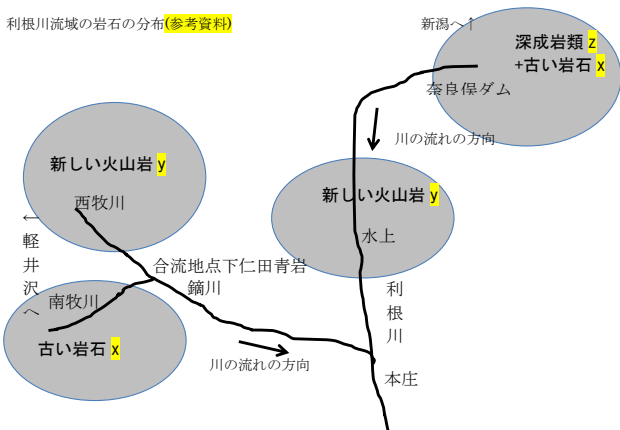


図4 下仁田地域・利根川流域の岩石の分布図

(2) 鉱物の年齢で岩石の年齢は判定できるかという問い

さらに、川原の石の実習を行ったあとで、小学校6年次の地層の形成の内容へと発展する評価問題を実施した。すなわち、「地層と川原の石を比較して、堆積岩は、川原の石のような、またより細かく砕かれ運ばれた碎屑物が固結したものであり、それらが地層を形成している」ことを確認し(小学校6年の学習指導要領¹⁾の内容に追加された部分)、そこから発展して、鉱物の年代

と岩石の生まれた時代とを比較するという評価問題である。この命題は、昔から地質学分野のごく基礎的な時間的(歴史的)概念として取り上げられる問題である。本評価問題では、次の3種類の基本的な岩石分類について尋ねている。すなわち④堆積岩の鉱物の年代は堆積岩の年代を表すか ⑤火成岩の鉱物の年代は火成岩の年代を表すか ⑥変成岩の鉱物の年代は変成岩の年代を表すか、の3つである。

以上の2種類の評価問題を組み合わせて、小学校教員養成の学生(第2学年)54名を対象に、評価問題の実習と考察を実施し、その結果から彼らが学んだ前学習指導要領下での理解度の確認を行った。

評価問題の調査結果

(1) 川原の石の分析実習の結果

3つの命題(①川の上流から下流に行くに従って石は丸くなるか、②岩石により丸くなり易いものと丸くなり難いものがあるか、③川原の石の種類の割合から、流れる川の流入の多少が相対的にわかるか)についての理解度調査の結果は、下の表1のようになった。

表1 川原の石実習からの理解度

命題	①	②	③
正答率(%)	98.1	96.3	50.0
誤答率(%)	1.9	3.7	50.0

(2) 鉱物の年齢で岩石の年齢は判定できるかという問いの調査結果

3つの問い(④堆積岩の鉱物の年代は堆積岩の年代を表すか ⑤火成岩の鉱物の年代は火成岩の年代を表すか ⑥変成岩の鉱物の年代は変成岩の年代を表すか)についての理解度は以下のようになった。

表2 岩石の年齢は判定できるかという問いの理解度

命題	④	⑤	⑥
正答率(%)	64.8	81.5	50.0
誤答率(%)	35.2	18.5	50.0

考察

(1)の川原の石の分析実習は、2017年告示の学習指導要領¹⁾に沿った内容であるが、①川の上流から下流に行くに従って石は丸くなるか、②岩石により丸くなり

易いものと丸くなり難いものがあるか、の2命題については、9割以上の学生が正当しており、感覚的にも理解しやすい内容であることがわかる。5年生の内容である「川を流れる水の速さや量に着目して、それと川原の石の大きさや形を関連づけて」という事項は、教員(この場合初等教育学生)にはよく理解できる内容であることが分かる。教科書等で川原の写真で観察させる例が多いが、簡単に数量化もできることから、この内容はぜひ実際の川原の石を使った地域性のある教材開発をしていただきたい。多忙な教員に期待するのが無理ならば、教育委員会等が観察キットを配布するなどの努力をしていただきたい。

一方で、③の川原の石の種類割合から、流れる川の流入の多少が相対的にわかるかについては、正答率は半分程度(50.0%)である。5年次の内容に「流れる水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積したりする働きがある」や「川の流れる水の速さや量に着目して、それらと川原の石や大きさと形を関係付けて」という記述があるが(文部科学省, 2017)¹⁾、石の形だけでどちらの河川の流入量が多いかは推測できないので(地形からの推測はより困難)石の種類も合わせて、流入する石(土砂といっても良い)の多少を判断してもらったものである。この場合は石の種類は3種類で、あらかじめ筆者が指定していたにも関わらず、正答率は50%となった。文部科学省(2017)¹⁾では、「水の速さや量が増し、地面を大きく侵食したり、石や土を多量に運搬したり堆積させたりして、土地の様子が大きく変化する場面があることを捉えるようにする」となっているが、小学校教員が川原の石の現状と過去の流入量のつながりを考察できないとすれば、この水害なども結びつけようという新たな教育内容の指導には、困難が残る。

次は(2)の鉱物の年齢で岩石の年齢は判定できるかという問いの調査結果(④~⑥)についてであるが、こちらの正答率は、①~③に比べて、相当低い(表2)。この内容は、小学校~高等学校の地層の年代について、従来非常によく用いられている問いである。

小学校6年生で化石という事項が出てくるが(文部科学省, 2017)¹⁾、**地層中から時代が決められる化石(示準化石)が出てくれば地層の年代は決められるが、地層中の礫に含まれている示準化石からは地層の年代を決めることはできない**という事実は、礫(石)が水の働きによって侵食砕削され運搬されるという、小学校5年生で学ぶ内容を十分理解してイメージできれば理解できる内容である。ただし、6年生で学ぶ地層の空間的歴史的概念が

確立していないと理解しにくい。しかし、この問いも調査すれば同様の結果になったと思われる。2017年度告示の学習指導要領¹⁾では、6年生の部分に「地層の中に含まれる丸みを帯びた礫や砂などから、流れる水の働きによってつくられた地層であることを捉えられるようにする」とあり、本来はこの内容は考察すれば充分理解可能な事象である。

今回調査を行った問いは、以上の化石の部分が、鉱物に変わっただけである。しかも、学生には直前に、鉱物と岩石の違いを説明し、かつ、今回使用した基本的な3種類の岩石(堆積岩、火成岩、変成岩)についても説明し、それぞれの岩石の年代はどの時期を表しているかも授業した直後の調査であった。すなわち、堆積岩は堆積した時の年代、火成岩はマグマが生成した時の年代、変成岩は変成作用を受けた時の年代である。また鉱物についても、堆積岩は固結する時に基本的には鉱物はできない、マグマが固結する時には鉱物ができる、変成する時には変成鉱物ができるという事も説明済みである。

岩石の成因からの大分類は、ここで挙げた堆積岩、火成岩、変成岩の3種類なのであるが、小学校で扱うのは堆積岩、火成岩のみで、その後も選択科目の高等学校地学にならないとこの分類は使わない。ただし、世界に分布する大陸に分布する岩石で最も多いのは変成岩であり、日本の川原の石として有名なのも変成岩であり、日本の地質構造帯、断層、地震などを理解するためには変成岩の分布は必ず出てくる。修学旅行や郊外学習・遠足で出かけるジオパークなどで見かける事も多く、各地の自然史博物館でも化石と同様に展示量も多い。そこで、筆者は知識を提供する事で判断してもらうことにした。

結果として⑥の変成岩の正答率は50%というのは、馴染みがない岩石というので仕方ないとしても、⑤の火成岩の正答率は81.5%と比較的高いのは、イメージが湧きやすいためであると思われる。しかし、5年生→6年生→中学生・地層と、2017年告示の学習指導要領¹⁾で重視されている「水(川)の働き川原の石」に関する堆積岩についての正答率が64.8%というのは、注目しなければならない結果である。前述のように、5-6年生で学ぶ地層の空間的歴史的概念がイメージを持って理解できていれば、火成岩と同様の高正答率が期待される。それができないということは、5-6年生の川(水)の働きの理解が不十分である可能性がある。

(2)の岩石の分類についてであるが、従来の学習指導要領に記載されている岩石とその分類については、定説がなく、その都度変化する。牧野ほか(1996)⁸⁾は、1952

年から1989年の学習指導要領を比較して、「岩石を扱う領域は配列および扱い方が改訂のたびに異なっており、いつどのように扱うかが絶えず動いている領域である」と述べている。おそらくこれは、地球分野そのものが応用科学であり、かつ、地震、プレートテクトニクス、火山災害、水害など、重視する地球分野が変動するため、災害などに対する教育が叫ばれるたびに、最も注目される災害の種類に対応して、理解に必要な岩石名が浮上するといった状況であると思われる。しかし、日本で必要とされる災害教育として想定される範囲は、水害、地震、火山、雪害、風害、落雷、異常気象など、多岐にわたっており、そのほとんどが、理科の地球分野に関わるものである。大きな災害にならないと想定せず、教育として取り入れられないというのは、災害教育が後手後手になる可能性も高く、決して褒められたものではない。岩石名を無制限に教え込む必要はないが、探究活動では必要に応じて知識として使って良いとか、ある程度利用範囲が認められないと、地域によっては、自然災害の理解に到達できない可能性もあることを、言及したい。

以上を総合して、小学校中学校の地球分野・地層の系統の中で不足している部分を検討してみる。

2017年度告示の学習指導要領¹⁾では、主体的・対話的で深い学びに焦点が当たることによって、理科的な見方・考え方が深く捉えられるようになってきた。また、小学校では、6年生の地層に含まれている化石で、時代や生物の進化がわかることに簡単に触れられ、中学校の理科では、化石や鉱物で岩石の年代が決められることは、既存の知識として、扱われるようになってきている。しかし、小学校の時に、川原の石の起源である侵食された土地（後背地の情報）にまで教材が深められていけば、広域の土地の条件についてもイメージが湧き、川の石と水害を結びつける事も可能となり、評価問題③の正答率の上昇も予想される。さらに、後背地、すなわち川原の石の起源まで考察を広げることにより、地層の歴史的空間的成り立ちにまでイメージが広がり、④の評価問題の正答率も上がる可能性がある。

今回正答率が低かった評価問題、特に③と④は川原の石と地層の歴史的・空間的成り立ちをより深く考察できれば、正答率が高くなることが予想され、地域の土地の成り立ちについての理解がより高くなることにより、身近な災害に対する想定も高くなることが予想される。

まとめ

2017年告示の学習指導要領¹⁾の小学校理科「大地のつくりと変化」では、探究活動などで川原の石の後背地概念を導入することによって、地域の土地の作りに関する空間的・歴史的理解が深まり、災害に対する身近な土地の特徴についての理解も深まる。従って、筆者は、この分野の教材内容を、後背地の情報にまで深めることを提唱したい。

文献

- 1) 文部科学省 (2017) 小学校学習指導要領(平成29年)解説 理科編。171pp.
- 2) 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領解説 理科編。129pp.
- 3) 西嘉之(2020)小・中学校理科における粒子概念の形成について. 神奈川大学心理・教育研究論集(47), 243-254.
- 4) 日野純一(2016)日本の理科教育の変遷と展望. 京都産業大学教職研究紀要. (11), 19-49.
- 5) 国立教育研究所(2022)令和4年度全国学力・学習状況調査の結果(概要). URL: <https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/22summary.pdf>
- 6) Krumbein, W. C. (1941) Measurement and geologic significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* (11), 64-72.
- 7) 下仁田自然学校鑛川の石図鑑編集委員会 編著 (2005)かぶら川の石図鑑: 川原の石の生い立ちを訪ねて. 地学団体研究会、地学ハンドブックシリーズ(17), 64pp.
- 8) 牧野 歩、本間久英、三輪洋次(1996)小学生の岩石のとらえ方について. 東京学芸大学紀要4部門、(48), 74-100.