

オンライン授業環境下での地質野外実習法の開発 ～Web 地質図を活用して川原の礫から地域地質を学ぶ～

Development of geological field practice method under online teaching environment

-Learning regional geology by investigating riverbed gravels using the Web geological map-

林 慶一

Keiichi, HAYASHI

甲南大学 理工学部 地学研究室

Geoscience Laboratory, Faculty of Science and Engineering, Konan University, Kobe 658-8501, Japan

(受付日 2020 年 6 月 15 日, 受理日 2020 年 9 月 28 日)

要旨: 地質分野の教育では、獲得した知識を活用できるようにするとともに、自然を地質学的に調べる技能を習得するために、野外での実習は不可欠である。しかし、2020年に突然生じたオンライン授業環境下では、全国のほぼすべての大学で、野外実習を従来通りの方法で行うことは不可能となった。そこで筆者は、大学の基礎地学実験において、このような環境下でも同等レベルの教育目的を達成できる新しい地質の実習方法を開発し、それを核とする単元レベルの授業展開を考案した。内容としては、どの学生もがアクセスできる居住地の近くの河川の川原で礫を観察し、予め Web 地質図を活用して上流から運ばれてくる可能性のある少数の岩石種に絞り込んでおくことで、自律的に岩石種を同定するものである。さらに、それらを基にして地域の地史の探究に発展させるものでもある。この実習を円滑に実施するための授業計画として、事前学習及び事後学習としてどのような内容を配置すべきかを示した。

キーワード: 野外地質, 実習, オンライン授業, 河床礫, 地質図, 岩石種, 地史, 大学基礎地学実験

1. はじめに

甲南大学の理工学部では、物理学科・生物学科・機能分子化学科の教職課程や地学に興味を持つ学生のために、3単位の「地学実験」を開講している。3単位の内訳は、2単位が通年で行う週1回2コマの連続授業で、1単位が前期および後期の土日に集中的に行う1泊2日の野外実習である。野外実習では土曜の午後に出かけて天体観測を行い、日曜に地質調査を行っている。

本学の「地学実験」の内容は、地学の全分野（地質学・地球物理学・天文学・気象学）について、それぞれ2～3種類のテーマを設定している。地質学分野については、通常の2コマ連続授業の3回を使って、“地質概説”、“岩石観察と同定”、“地質調査法”の事前学習を行い、日曜日を利用した5コマ連続の野外調査を行う。事後指導として、通常の2コマ連続授業の3回で、“調査データの整理”、“レポート作成”、“レポートの修正”を行っている。地質調査は前・後期とも同じ場所で行っているが、前期は地質調査の実践的技能と地質学的データの処理法を身につけることを目的としており、後期は各地層・岩体の堆積・形成環境の考察から地史を復元することを目的としている。地質調査の場所は、神戸市西区の明石川上流地域で、周辺にはジュラ紀付加体の丹波層

群のチャート、それを貫く白亜紀後期の石英斑岩の岩脈と接触変成岩のホルンフェルス、これらを不整合に覆う古第三紀の神戸層群の湖成/河成層、さらに不整合で重なる新第三紀～第四紀の非海成の大阪層群の礫岩・砂岩・泥岩が分布する（藤田ほか, 1987）。また、丹波層群中には褶曲や共役断層、石英斑岩中には断層破碎帯、域内の山の山腹には地すべりや斜面崩壊の滑落崖など、多様な地質学的変動を考察できる露頭がある。

このような多様な内容を野外で実際の事象を通して探究的に学ぶ活動は大きな学習効果があり、歴代の専任教員・非常勤講師4～5名が現地での指導に当たり、35年以上にわたって継続してきた。

しかし、2020年4月に新型コロナウイルスの感染拡大の影響をうけて、地学実験についてもオンライン授業として行うことになった。実験テーマの中でも、オンライン授業化に最も困難が予想されたのが上記の地質野外実習に代わる実習であった。このため、他のテーマに先駆けて野外実習の方法を検討してきた結果、筆者のここ10数年の河川に関わる調査研究の成果（林・山下, 2009; 林, 2017など）を基にして、従来の地質野外実習にはない新しい内容と方法の実習を開発することができた。また、それを適切に実施するための単元全体にわたる授業

展開も組み立てることができた。この実習は現在実践中ではあるが、高等教育における地学分野の実験科目が直面している緊急かつ困難な課題に対して、有効な解の一つを提示するものであり、方法自体にオリジナリティもあることから、ここに公表することとした。なお、実践結果については、指導を担当する他の3名とともに別途報告する予定である。

2. 実習の内容と方法

2.1 基本的な考え方

実習法の開発にあたっては、従来の野外実習を代替するものであることから、実習内容は現行の野外実習の内容を基本的に維持し、地層や火成岩・変成岩を観察・同定し、地層・岩体同士の関係を理解し、最終的には地域の地史を考察する内容とした。さらに、遠隔授業であることから次の4つの条件を新たに加えた。

- ① 現行の実習と同じく、学生自身による野外での地質学的な調査を核とすること、
- ② 学生の居住する任意の地域を調査地として実行できること、
- ③ 教員の引率のない状況下で、学生が自律的に実施できる内容と方法であること、
- ④ そしてそれを可能にする事前及び事後の指導内容も含めた単元的な展開の方法を適切に組み立てることができること。

2.2 実習の調査地と対象

上記の①、②の条件は、具体的には調査地と対象の選定の問題となる。地層・岩体の調査を行う実習地は、それらが露出する露頭以外で行うことは考えられないが、各学生の居住地の周辺に適切な露頭が存在することはほとんど期待できない。露頭以外で地質情報を収集できるのは、露頭から崩れて河川によって運ばれてきた礫が堆積した川原が、考えられるほとんど唯一の場所である。川原は学生にはアクセスしやすく、教員が引率しない状況下でも安全が確保しやすいということでも、実習場所として適している。

川原を含む河床堆積物に関しては、筆者は十数年間にわたる研究で全国のさまざまな河川についてのデータを蓄積しており、これを用いて考案した実習の具体化を図った。

2.3 野外実習の内容

「2.1 基本的な考え方」の③の“教員の引率のない状況下で、学生が自律的に実施できる”というのは、これまでの野外実習ではあり得ない条件で、内容と方法の両方に課せられた非常に厳しい条件である。しかし、偶然ではあるが、筆者は2011年より現在まで全国の異なる気候下でのさまざまな地質・地形の河川において、河床

堆積物を土石流・斜面崩壊という視点から研究を続けており、そこで収集していたデータを、今回の課題の解決のために改めて整理してみると、この難しい条件をクリアできる、従来にない実習を開発できる見通しを得られた。

それは、すべての河川において、河床の礫は上流側の集水域のみから運ばれてくるものなので、礫の岩石種はその集水域に分布する地質単元を構成する岩石種のいずれかに限定されるという原理に基づく。一見、このことは平凡で当たり前のように見えるが、このような考え方で川原の礫を地質と結びつけた実習は報告例がなく、櫻井・池田(2011)が教材開発のために日高山脈で行った予備的研究があるのみである。この櫻井・池田(2011)は、論文題目の「河原の石からたどる日高山脈の構造と教材開発」からは、河原の石の岩石種から流域の地質構造を解明する教材を開発したような表現であるが、実際には河川沿いのいくつかの露岩地での地質調査を基本にして、それらの地点間の未調査または不明な地質を推定するためにその区間の河原の礫の岩石種を補助的に用いたものである。また、最上流の露岩地点より上流側については、礫から岩石種は同定できてもそれらの露出の順序を知ることはできないので、参考文献の地質図から地質構造を描いている。さらに、この研究の行われた日高山脈は高温低圧型の日高変成帯と低温高圧型の神居古潭変成帯の種々の変成岩からなるが、変成岩は中学校では全く扱われず、高校でもごく一部しか扱われていないので、生徒が岩石種を同定することはほとんどの礫について困難である。論文では、研究者レベルの中学校教員が岩石薄片を作成して偏光顕微鏡下で観察して同定している。一方、論文題目中の‘教材化’は、河川を流下する礫が摩耗する様子を、ペットボトルに入れたフラワースポンジを振って摩耗させる模擬実験と、日高山脈を形成するに至ったプレートの衝突・沈み込みと付加体の形成を、板コンニャクとマヨネーズを用いたモデルで理解させる模擬実験で、教材化は岩石種とは無関係である。

このような文献調査により、川原の礫の岩石種を地質理解と結びつけた教材開発に成功した例は意外にも皆無であることがわかった。この原因は、上流の地質と一言で言っても、それはどの河川のどの付近の川原であるかによってきわめて多様であり、そのため川原の礫の岩石種も、どの河川であるか、さらに同じ河川でも川原の場所によって種類や組み合わせが大きく異なるからである。このように対象に非常に地域性が強い場合、川原の岩石種をテーマとする野外実習は特定の河川に限定されたもの(竹下ほか, 2019など)に止まり、どこでも実施できるような実習の一般的な方法を考案することができなかったと考えられる。また、川原の礫は、それをもたらした元の露頭での岩石に比べて著しく情報を失っている上に、見かけも変わっているという場合も少なくない

というのも別の大きな理由である。これらについては後で詳述するが、このようないくつもの困難のために、地学の専門家でも川原の礫の岩石種を上流の地質情報を持たずに同定しようとすると、河川にもよるがよくわからないものが半数近くになることもある。一方、趣味の領域では‘川原の石ころ’の図鑑は何種類か発行されている(千葉・1996; 渡邊, 2005, 2007; 柴山, 2018)。しかし、これらは取り上げたいいくつかの河川ごとに、著者等が予め偏光顕微鏡観察などで岩石種を同定した礫の写真に掲載し、それと同じ見かけものをその川で探そうという目的のもので、それらの図鑑で取り上げられていない河川以外では、その図鑑を使って礫の岩石種を同定できるようにはなっていない。このようなことから、川原の礫を含めた河床堆積物を調べる目的や意義は、岩石種を調べるのではなく、専ら粒度・円磨度や礫の移動を“流水の作用”との関係で学習・研究することにあつた(廣木ほか, 2006 など)。

そこで本実習では、このような岩石種の同定の困難を易化するという課題に取り組み、「2.1 基本的な考え方」の③の学生が自立的に実施できる方法を検討した。その結果、近年 Web で閲覧できるようになった地質図を次節「2.4 地質情報の活用」で述べるような方法で活用して、調査予定の川原の上流側の地質を室内実習で予め調べ、さらに各地質単元を構成する岩石種を確認することで、調査しようとする川原に礫として運搬されてくる可能性のある岩石種を数種類以下に絞り込む方法を考案した。

これにより、河川ごとに組み合わせの異なる川原の岩石種を、数多くの岩石種の中から1つに定めるという難しい過程を、数種類の候補の岩石種から選択するという過程に易化することができた。これにより、傍らでアドバイスをする引率教員が不在の状況下でも、学生が自律的に岩石種を同定できる実習とすることが可能となった。

2.4 地質情報の活用

しかし、本実習の目標はこの川原の石の岩石種を同定することに止まるものではない。川原の石からその元である上流の地層や岩体の種類を把握し、さらにそれらの堆積環境や形成環境、形成年代などを把握し、それらを地域の大地の成り立ちの歴史、すなわち地史として理解することが知識的側面における究極の目標である。また、その過程を通して地質図とその解説書からこれらの情報を収集する能力を獲得することが能力的側面における究極の目標である。

そこで、地質に関する総合的なデータベースを持つ国の研究機関である産業技術総合研究所の地質調査総合センターの Web 地質図閲覧システムである“地質図 Navi”を活用して、これらの情報を収集する過程を室内実習と

してもう一つの柱とした。

この室内実習は、野外調査前に行う過程と、野外調査後に行う過程がある。前者は前節「2.3 野外実習の内容」で述べた候補岩石種の絞り込みの過程での活用であり、具体的には地質図とその凡例を用いて行う。後者は地史の理解に迫る過程での活用であり、具体的には地質図の解説書・解説などを用いて行う。

3. 実習テキストの構成

実験や実習で用いる通常のテキストは、教員が演示したり口述により補足しながら用いる前提で、簡潔なものとして作成することが多い。しかし、本実習で用いるテキストは教員による演示や補足なしに、それだけで自律的に実行できるものでなければならない。そこで、分量的には多くなるが、演示や補足を盛り込んだ、次のような構成のテキストを作成した。

1. はじめに
2. 目的
3. 例示する地域 (演示)
4. 河床礫の岩石種の同定の難しさ (補足)
5. 地質図と Web 検索の標本写真の活用
6. 地質図の検索・利用の仕方 (演示を含む)
7. 礫の岩石種を Web も活用して同定する方法 (演示を含む)
8. 大地の成り立ちの歴史を調べる (演示を含む)

以下に、2020 年度のテキストの各頁を Figure 1, 2, 4~8 に示し、目次に沿って記述内容の作成の背景や意図などを解説する。

3.1 テキスト「はじめに」

ここでは、履修者のレディネスに配慮した導入を行っている (Fig. 1)。本学の地学実験の履修者は、物理学、化学、生物学の学科の学生であり、高等学校で地学の科目・分野を履修している者はまれである。しかし、大学で筆者が担当する「地学通論 (4 単位)」を履修 (一部は並行履修) しており、これにより、知識面でのレディネスとしては高校地学に準じる内容が共通的に習得されていると見なせる。一方、地学の実験は大学でも高校でも未経験なので、地学的な探究能力・技能面でのレディネスとしては、義務教育修了段階に止まっていると考えられる。

そこで、本実習では、このような前提で、川原の礫を調べることで上流の地質がわかり、さらに地質図を利用すると地質時代を通しての地域の大地の成り立ちが理解できるという、この実習の背景にある考え方を、この「はじめに」で述べて、緩やかな導入を図っている。

3.2 テキスト「目的」

2つの段階的な目標を示している (Fig. 1)。1つ目が

実習 「河原の石」の岩石種と地質図から地域の大地の成り立ちを調べる

1. はじめに

河川の川原には、砂岩・泥岩などの堆積岩、安山岩・花崗岩などの火成岩、結晶片岩などの変成岩など、さまざまな岩石種からなる礫が見られます。これらの礫はその上流に分布する山などをつくっている地層や岩石が、風化によって崩壊・破片化して運ばれてきたものですから、河原の石の岩石種を調べれば、実際に山奥にまで入らなくても上流側の地質がどのような地層や岩石でできているかを知ることができ、さらに地質図を利用すれば、それらの地層や岩石の分布、詳しい種類名や形成の環境や年代がわかり、そこからはさらに地域の大地の成り立ちの歴史をうかがい知ることが出来ます。

2. 目的

本実習では、地域の河川の河床礫を観察し、それらの岩石種を地質図を活用して同定*し、地質図の解説などから地域の大地の成り立ちを探究する方法を、この実験書に示す実例で机上演習し、次に各自で自分の住む地域の河川の川原に出かけて、実際に礫の岩石種の調査・判定を行なって、地域の成り立ちの歴史を推測します。

*既存の分類体系の中に位置づけ、どれと同じであるかを認定すること。

3. 例示する地域

南部フォッサマグナ**地域である山梨県北西部の韮崎（にらき）市には、南東の甲府盆地へと流れ下る釜無川があります（図1）。この釜無川に、西の赤石山脈から流れ下って合流するのが小武（こむ）川で、その本流・支流の河床には、日本列島の成り立ちの鍵を握る多様な岩石が礫となって見られます（図2）。

**フォッサマグナは、大地の巨大な溝という意味で、日本列島を東西に分割する裂け目です。北部と南部でその形成の経緯が異なり、南部フォッサマグナは、フィリピン海プレートに載って北上してきた伊豆・小笠原諸島が1,500万年ほど前から衝突しはじめて、くさび形に内陸深くまで食い込んだ部分です。



図1 韮崎市の小武川の位置（地理院地図を使用）



図2 小武川の支流ドンドコ沢の川原（図1の★の場所）の様子

- 1 -

Figure 1 テキストの1頁目の「1. はじめに」, 「2. 目的」, 「3. 例示する地域」

河川の河床礫の岩石種を、地質図を活用して同定することであり、2つ目が地質図の解説も活用して、地域の地史を推測することである。

3.3 テキスト「例示する地域」

「目的」の次はふつう「方法」が記述されるが、本テキストでは学生が確実に理解できるように、全過程で演示をする。そこで、実習地の例として取り上げた場所（山梨県韮崎市の小武川流域）を紹介している（Fig. 1）が、単に地理的な紹介に止めず、最終的な目標である地史につながるように、地質学的な地域の特徴に踏み込んでいる。

3.4 テキスト「河床礫の岩石種の同定の難しさ」

一般的に、確認実験では「実験方法」自体は教員側から提示するのが普通であるが、探究的な実験では「実験方法」自体を自分自身で考えなければならないことが多い。本実習は基礎実験としては高度な探究レベルのものであることから、次節以降に示す「実験方法」がどのような思考の末に考案されたのかを、擬似的に思考体験させたいと考えた。また、実験が自律的に行われるので、この疑似思考体験は、学生自身が調査の意義を深く理解し、調査のモチベーションを維持するためにも効果があると思われる。教員が引率する場合であれば、これから調査を始めるという時に学生のモチベーションを高めるために話すような内容であるが、それができないのでここに「河床礫の岩石種の同定の難しさ」という項目を挿入している（Fig. 2）。

具体的には、最初に、地質調査の初心者には、野外での岩石の同定がどのように行われるのかを解説した。岩石の同定は、肉眼・ルーペ・偏光顕微鏡などを用いた岩石学的な観察によると一般には思われがちであるが、ここでは野外での同定であり、標本観察の前の地質学的な観察が大きな威力を持つことを紹介している。野外で調べようとする岩石が地層となっていれば、岩石種は堆積岩に絞られる

ことができ、堆積岩であれば粒度から泥岩、シルト岩、砂岩、礫岩の4種類に候補は絞られ、粒子が確認できない緻密な岩石で脈や模様があればチャートか石灰岩にほぼ絞られる。このような露頭での観察を背景に、手に取った石を岩石学的に観察すれば、同定は簡単かつ確実なものになる。この地質学的な観察の威力を、テキストでは火山岩地帯についても示した。地域によっては変成岩地帯、深成岩地帯についての解説を加えても良い。

このことを理解すれば、露頭での地質学的な観察ができない川原の礫は、その岩石種を同定するには岩石学的な観察しか方法が残されていないことがわかる。しかし、岩石には同じ種類でも色・鉱物構成・粒度などのほ

4. 河床礫の岩石種の同定の難しさ

岩石の種類同定は、ルーペや顕微鏡で細かく観察して構成鉱物の種類や粒子の大きさを調べたり、少し視野を広げてたくさんの粒子がなす配列や分布などの特徴（組織や堆積構造という）なども考慮して決定します。しかし、最も重要なのはこのような観察の前に、地層や岩石が野外で元の状態のまま露出している場所（露頭）での観察で得られるさまざまな情報です。

もし、露頭でその岩石が図3のような地層を形成していたとすれば、堆積岩という大分類の枠の中で、礫岩・砂岩・泥岩・チャート・凝灰岩などの数種類程度の候補の中から絞り込めばよいわけです。また、元の場所が火山地帯であれば、火山岩という大分類の枠の中で、成分的には玄武岩、安山岩、デイサイト、流紋岩という4種類のいずれかに絞り込むことができ、形状から熔岩、火砕流堆積物、熔結凝灰岩というような分類も合わせて行うことで、たとえば「デイサイト質の火砕流堆積物」というように決定することができます。また、露頭では岩石種に特徴的な割れ方なども観察でき、それだけからでも岩石種を直ちに決定することすらできます（図3）。

ところが、ここで行おうとしている川原の礫の同定では、この最初の段階の重要な情報が全くわからなくなっているのが、大分類を越えて色や粒の大きさなどの見目が似ている岩石、例えば玄武岩（火山岩）と砂岩（堆積岩）、泥岩（堆積岩）とホルンフェルス（変成岩）は、丸い礫となったものを見ただけでは専門家でも区別が難しくなることが少なくありません。河川にもよりますが、専門家でも全種類の半分近くの同定に自信が持てないということがよくあります。このため、研究分野でも教育分野でも、“河原の石”はもっぱら大きさや形の特徴を調べて、河川の流水の作用との関係を探る素材とされるのが普通です。

このような礫の岩石種を同定することの難しさを克服するためには、別の工夫が必要です。それは、専門家によって明らかにされているその河川の上流側の地質すなわち地層や岩石の種類を、予め地質図を用いて調べておき、そのどれにあたるかと考えれば、少数の選択肢から選ぶ形になるのでずっと易しくなります。

5. 地質図とWeb検索の標本写真の活用

地質図には、地質学者の綿密な野外調査によって解明された、その地域に分布する地層・岩石の名称・時代・岩石種が記載されているので、観察者のいる川原の上流側にどのような岩石種がどのように分布しているかが簡単にわかります。したがって、地質図を見れば礫となる可能性のある岩石を予め知ることが出来ます。また、一つ一つの河川では、川原の礫はほとんどの場合に数種類以下で、それらは色や組織などが大きく異なることが多いので、観察者は地質図のどの地層・岩石が礫になったものかを比較的簡単に判定できます。ただし、地質図には岩石種名が文字で書かれているだけなので、観察した川原の礫を実際に同定するには、それがわかるような写真が必要です（もちろん標本の方がよいのですが、皆さんには入手することが困難なので）。現在では、これはWebでその岩石名称を入れて検索すれば、多数の写真や解説が出てくるので、タブレットやスマホがあれば簡単に表示できます。そうすれば、川原の礫の実物と写真の絵合わせという形で、専門家のような知識がなくてもかなり正確な同定ができます。

そこで、このような役に立つ地質図を閲覧・ダウンロードする方法を次に解説します。



図3 チャートの露頭での特徴

1～数cmほどの厚さのやや波打った層状になっていて、層の面に対して直角の縦の割れ目が発達するなどのチャートにしか見られない特徴が、露頭では観察できます。しかし、これが右下に転がっているような礫になってしまうと、判定が難しくなります。

学実験は、学生にとっては専攻分野ではないので、自力で方法を考えさせることまではしないが、多くの履修者が理科の教職課程履修者でもあることから、中学校・高等学校において地学分野の探究的な学習を指導する際に、様々な場面で有効な「方法」の一つとしての地質図の活用法を習得させることとした。

3.5 テキスト「地質図とWeb検索の標本写真の活用」

ここでは、まず学生が初めて目にする「地質図」とはどのようなものであるかを説明している（Fig. 2）。従来の実習では、実習地の地質図を参考資料として配付・説明して、野外実習時にも活用してきたが、本実習での地質図の役割は決定的に重要なので、野外実習そのものと同じくらいの位置づけとなる。このため、野外調査が1箇所の川原に限定され所要時間が大幅に少なくて済むことを踏まえ、その分を事前学習に回して2コマ連続授業×2回分を従来の2コマ連続授業×3回に加え、地質図を検索したり活用できる技能を確実に身につけさせる室内実習を行った。これについては次節の「3.6. 地質図の検索・利用の仕方」に示すが、この実習を通して、地質図を見れば日本のあらゆる場所について、その地下がどのような岩石種からなる、何という名称の地層・岩石が、どのように地理的・空間的に分布しているかを知ることができることを理解させることができる。

一方“地質図”では、各地質単元を構成する岩石種を詳しく知ることができるが、学生にはそれらが実物としてどのような岩石であるかが理解されなければ実習は実行できない。これは、どのような地質の実習にも当てはまり、本学でも従来から事前学習の2コマ連続授業1回を充てて、岩石標本の観察を行ってきた。具体的には、学生一人一人に岩石標本セット（深成岩3種・花崗岩・閃緑岩・はんれい岩、半深成岩3種・斑岩・玢岩・輝緑岩、火山岩3種・流紋岩・安山岩・玄武岩、堆積岩5種・礫岩・砂岩・泥岩・チャート・石灰岩、変成岩4種・結晶片

Figure 2 テキスト2頁目の「4. 河床礫の岩石種の同定の難しさ」、 「5. 地質図とWeb検索の岩石標本の活用」

とんどの性質にバリエーションがある。一方で、異なる種類同士でも見かけの類似したものが少なくない。さらに礫の摩耗した表面では、鉱物を特徴付ける本来の光沢が失われ、透明な鉱物もすりガラスのように濁って透明度がほとんどが確認できないということも多い。結晶の形も摩耗によって非常にわかりにくくなっている。こうして、岩石学的な同定の方法しか残されていないにもかかわらず、それすら非常に困難になっていると言うことを改めて認識させている。

研究や探究では、このような「方法」の段階で大きな困難に直面することが多く、自分の専攻する分野に関してそれを解決する方法を自分で追求する能力と態度を身につけさせるのが高等教育での目的の一つでもある。地

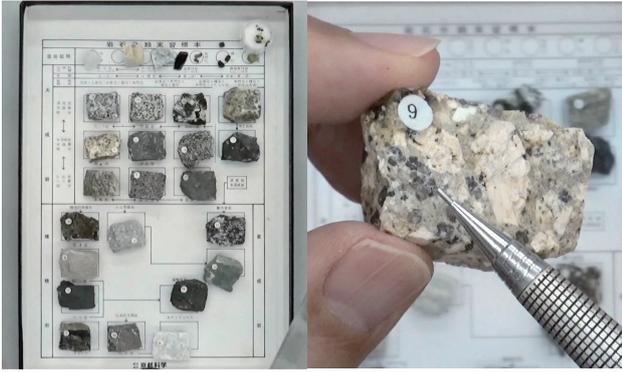


Figure 3 オンライン授業で配信した岩石標本観察の動画の2シーン

岩・片麻岩・ホルンフェルス・大理石)を配布し、これらすべての成因を系統的・成因的に説明するとともに、すべての標本を肉眼・ルーペで観察させ、さらに実習地に分布する岩石種については、それらの同定力を確実なものにするためスケッチをさせている。オンライン授業では標本を配布することができないが、高画質のビデオカメラで学生の視点からの標本観察動画を作成し、丁寧な説明を加えて、倍率や向きを変えた映像 (Fig. 3) を見せた。学生にはその動画を観察したいシーンで止めてスケッチさせることで、実物観察に準じるレベルの実習を行うことができた。

しかし、本実習では学生により異なる地質の地域で調査が行われるので、同定することになる岩石種は学生により異なるという重大な問題が生じる。これを解決する方法として“Web 検索の標本写真”を活用することとした。各種のブラウザで岩石名を入力して写真を検索すると、地質図に記されている名称の岩石が多数で出てくる。これにより、上記の岩石標本セットで観察した代表的な岩石以外でも、どのような岩石かを写真で確認することができる。また、既に標本で見た代表的な岩石の場合でも、独特の多様性があるので、検索結果は、この多様性を示すものとしても有効で、川原の礫を同定するのに有効である。

3.6 テキスト「地質図の検索・利用の仕方」

従来地質学の関係者のみに利用がほぼ限定されていた地質図が、現在では Web で閲覧・ダウンロードできるようになった。これは遠隔授業においては、教員が資料として配付しなくても学生が任意の必要な地域の地質図を自由に利用できるという大きな利便性をもたらした。しかし、地質図自体を初めて見る学生が、さまざまな操作を自分で行って適した地質図を閲覧したり活用できるようにするためには、Web サイト自体の紹介から始まる丁寧なマニュアルが必要である。この節はこれを記し、さらにこの実習での利用法を、山梨県韮崎市の小武川地域での操作画面で例示した (Fig. 4)。日本における地質図閲覧システムとしては、地質図自体の大部分を発行して

いる産業技術総合研究所の地質調査総合センターの“地質図 Navi”がある。したがって、この節はこのシステムの操作法の解説でもある。

まず、“地質図 Navi”は、現在発行されているいくつもの種類の地質図の大部分を閲覧・ダウンロードできる大変便利なものでもあるが、それは同時に複雑なものにもなっているので、本実習の目的に照らして、どのような目的にはどの種類の地質図が適しているかを説明している。また、各階層の画面での操作法も説明している。

この節ではまず“地質図 Navi”の URL 紹介から始め (図 4 の左上の図)、現れたトップページの中央をクリックすると“1/20 万シームレス地質図” (図 4 の左下の図) が表示されることを紹介している。

“1/20 万シームレス地質図”は最初に出てくる地質図なので、動画配信の事前授業で次のように説明した。国土地理院の 1/20 万地形図の範囲について、その図の編集時点までの地域地質学の研究成果に基づいて作成されるのが“1/20 万地質図”で、従来から印刷物として発行されている。しかし、地質図同士を比べると、編集された年や研究者が異なるため、隣り合う図同士でも、地質区分が異なっていたり、異なる地層・岩体名称が用いられていることがあり、その結果隣の図との連続性に難点があった。これを、最新の研究成果に照らし合わせて、同じ時代の同じ環境下で形成された同じ種類の岩石からなる地層・岩体を、全国一律の色凡例で統一的に示したものが、“1/20 万シームレス地質図”である。これにより、地質学的に広域を比較することが著しく飛躍的に容易になった。

全国表示された“1/20 万シームレス地質図”の任意の場所を拡大することで、自分の目的とする川原の上流側の地質が表示される (図 4 の右上の図)。色分けされた各地質についての基本情報 (およその形成年代と代表的な岩石種) を表示させる方法も説明している。

しかし、本実習ではここで表示された地質単元を構成する岩石種を代表的なものだけに止めるのではなく、詳しく確認しておく必要がある。それらも川原の礫の候補となるからである。そこで、“1/20 万シームレス地質図”よりも詳しい地質情報が記されている“1/5 万地質図幅” (図 4 の右下の図) を閲覧する方法を説明している。ただし、“1/5 万地質図幅”は未刊行の地域もあり、その場合は代わりに上述の“1/20 万地質図”を閲覧する。テキストでは省略しているが、火山地域の場合には“火山地質図”が作成されている場合もあり、さらに国土地理院により“火山土地条件図”が作成されて場合もあること、それらを表示する方法を解説するとともに、コンピューターのキャプチャー動画で演示した。

これらの出版地質図では、左または右側余白に、色と模様で区別された地層・岩体の凡例が、古いものから新しいものの順に下から上に描かれている、また、各凡例

6. 地質図の検索・利用の仕方

地質図は目的によって種類やスケールの異なるものがありますが、ここでは地質の一般的な情報を入手したいので産業技術総合研究所の地質調査総合センター（ほかにも利用できるものがありますが）の発行している5万分の1または1/20万分の1の地質図幅を用います。これらは本来は出版物ですが、現在ではWeb上の地質図表示システムの「地質図Navi」で公開（図4）されており、簡単に閲覧・ダウンロードできます。

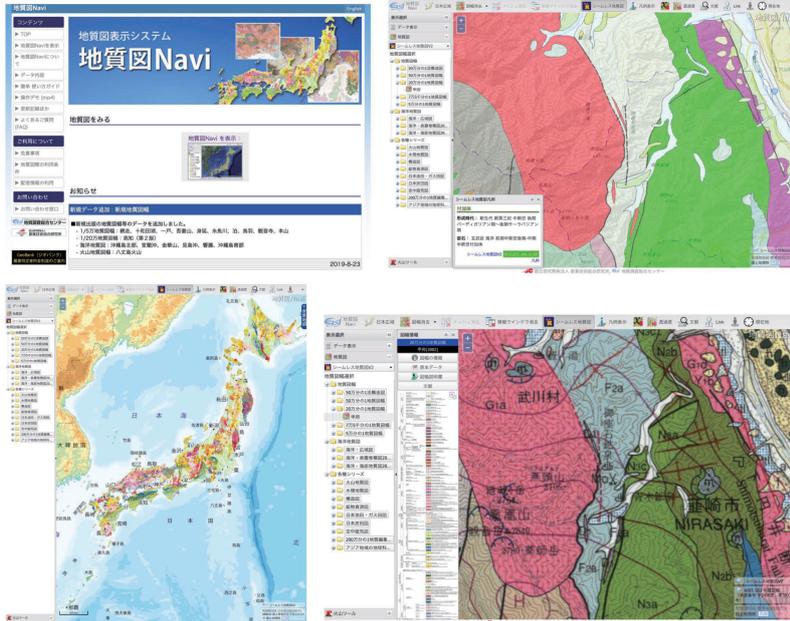


図4 地質図Navi (<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>)

（左上）トップページ、（左下）シームレス地質図の全国表示、（右上）調査地域にズームインしてさらに地質説明を表示、（右下）1/20万地質図幅を表示

検索エンジンで「地質図Navi」と入力すると図4左上のようなHPが見つかりますので、中央の「地質図Naviを表示」をクリックして、全国の1/20万シームレス地質図（図4左下）を表示します。この状態でダブルクリックを繰り返して任意の地域にズームインして、調べようとする河川の上流域がすべて取まる範囲になったところで止めます（図4右上）。この画面上では地質の違いが色分けして描かれていますが、その色の任意の場所を右クリックして「この地質説明を表示」を選択すると、画面左下に基本的な地質情報（形成年代と岩石）が表示されます。必要なのがこれくらいの情報であればこれ以上の操作は必要ありませんが、本実習ではもう少し詳しく各地層や岩体の名称、さらにそれを構成する岩石種を知りたいので、左上の「地質図幅選択」（これが表示されていない場合はその上位の「地質図」をクリックして下さい）から「5万分の1地質図幅」の+をクリックして対象地域をカバーする地質図を選択します（2枚以上の地質図幅にまたがるかも知れませんが、その場合はそれらすべてを選択します）。調べたい地域の「5万分の1地質図

Figure 4 テキスト3頁目の「6. 地質図の検索・利用の仕方」（つづき）

にはその地質単元を構成する岩石種が正確に記されており、その地層・岩体の名称、さらにそれらがより大きなグループにまとめられている時にはそれらの名称も記されている。また、断面図も付されているのが普通で、平面図からではわかりにくい地層・岩体の上下の重なり、傾き、火成岩の貫入や断層なども一見してわかるようになっていく。

<テキスト以外の事前学習>

(1) 各 Web サイトの利用法

前述のように事前授業の時間数を合計4コマ拡充したが、その中では以下の項目のような「地質図Navi」のさまざまな便利な機能の利用方法もキャプチャー動画で演示した。

・いずれの地質図も透明度を変更することが可能で、背景地図

や他の地質図の上へ半透明に重ねて表示する方法。

・凡例と断面図を別ウィンドウで表示し、それらを拡大・縮小する方法。

・地質図と図幅説明書等を原本データで表示・ダウンロードする方法

・背景地図を、標準的な地理院地図以外に空中写真・赤色立体地図・Google Earthの衛星写真などに切り替える方法。

・Web地理院地図のURLを開き、標準地図以外に色別標高図・陰影起伏図・火山土地条件図（前述）などの表示、透過率の調整を行う方法。

・Google Earth Proのインストール、衛星写真の平面/立体表示の切り替え、距離や面積の計測方法、過去の衛星写真の表示方法。

・Google Earth Proで調査に適する川原の存在する場所を探索する方法

・調査候補とした川原と周辺道路の実際の状況をGoogle Earth Proのストリートビューで確認する方法。

・コンピューター画面で表示・作成した図などをレポート用にキャプチャーする方法。

(2) 調査対象の川原の選定方法

また、各自が調査する川原の選定の仕方として、以下のようなプロセスを説明し、その都度コンピューターのキャプチャー動画で演示した。

① 居住する地域について「1/20万シームレス地質図」を表示して、付近で、上流側に異なる色で示された3種類程度の地層・岩体が分布する河川を探索する。

② 実際の川原の状況をGoogle Earth Proの衛星写真またはWeb地理院地図の空中写真を表示して、①で探索した河川の流域で、礫の堆積した川原を探す。

③ 実際には、両岸に高い護岸が続いている場合もあるので、安全に川原に下りられるかどうかをGoogle Earth Proのストリートビューで確認する。

④ ①～③のいずれかがうまくいかない場合は、他の河川に変更して探す。特に河川の下流域の都市部では、河川が改修されてコンクリートの三面張り（両岸だけでなく川底も固められている）になっていて、川原そのものもないことも多いので、少し離れていても山裾に場所を移動して適切な川原を探す。

⑤ それでも、適切な場所が見つけれない場合は、自分の担

当の教員に相談する。適切な場所が見つかるまで、あるいは方法を少し変更するなどして、実習ができるようになるまでフォローする。(2020年度は、20名の履修者を3班に分け、3名の教員が一班ずつを担当し、筆者が全体を見守るという指導・相談体制をとった。)

次は、川原の礫の岩石種を同定するための「地質図から候補となる岩石種の調査」の室内実習である。まず、調査予定の川原とその上流域を含む範囲の地質図を図5 (Fig. 5) のように、コンピュータ画面の右側に表示する。左側には、凡例を別ウィンドウで表示し、川原の上流側に分布する地質の凡例が含まれる範囲のみを拡大して表示する。この状態でコンピュータ画面全体をキャプチャーし、画像として保存する。次にこれを Word など

のアプリケーションで開いて、それに矢印や直線の描画機能があれば凡例と地質の分布域を結び、アプリケーションに描画機能がなければ手書きで良い。これで、上流にどのような岩石種が分布するかが簡単にわかる“編集地質図”ができたことになる。

実習では、学生の進捗状況を把握するため、また適切なアドバイスをを行うために、この“編集地質図”を電子ファイルで提出させ、各学生の担当教員が確認・改善指導する。

3.7 テキスト「礫の岩石種を Web も活用して同定する」

上の“編集地質図”で、調査予定の川原の上流に分布する岩石種が明らかになったが、それは名前としてであり、学生が“もの”として区別できるようにするには別の事前の学習が必要となる。

事前指導の「岩石の観察」で代表的な火成岩、堆積岩、変成岩を観察したが、野外でそれらを正確に想起することはかなり難しいので、候補になる岩石種だけの写真集を作成しておくとう便利である。そこで、図7 (Fig. 6下) のような、手持ちの地学写真資料集(本学の地学実験の履修者は、「地学通論」でテキストとして浜島書店の「ニューステージ新地学図表」を購入しているので、ここではこれを利用した。)から、川原の礫の岩石種の候補となった岩石だけの“写真集”をつくることを推奨した。図6 (Fig. 6上) には例示した小武川での同定すべき河床礫の写真を示した。花崗閃緑岩(G)は、この“写真集”によってほとんど迷うことなく同定できる。

しかし、現実には、同じ岩石種であっても多様性があり、出版物に掲載されているような典型的な岩石の写真と、川原にある岩石は違うようにも見えて、同定に自信が持てなくなる場合も少なくない。これを解決するには、岩石名がすでに明確になっているので、Webでその岩石名で写真を検索すれば、その多様性が図8 (Fig. 7) のように確認できる。図6のBと記された岩石は、砂くらいのサイ

福」が未刊行の場合は、「20万分の1地質図福」の+をクリックして対象地域をカバーする地質図を選択します。こうすると図4右下のような別の地質図に変わります。

この状態で、1/20万シームレス地質図よりも詳細に描かれた地質図が表示されています。各色で示された地質についての情報は、左側にある別欄の凡例に示されているので、こちらで確認します。ただし、この凡例はデフォルトでは全体を表示するため文字が読めないくらい縮小されているので、欄をダブルクリックして別ウィンドウでひらき、枠の右端を移動して適当な大きさに拡大します。これで、地質図の各色で示された地質についての詳しい情報と地質図が2つのウィンドウとして並んで画面に表示されます(図5)。

図5 小武川の支流ドンドコ沢流域の地質図(地質調査総合センターの1/20万地質図福「甲府」の一部)

図5で見ると、小武川の流域には中期中新世の“常葉(とこは)層”のN2bの玄武岩-安山岩火砕岩及び熔岩(泥岩及びデイサイト火砕岩を伴う)とN3a(岩石種は同じ)と、同じく中期中新世の“甲斐駒ヶ岳深成岩体”のG1aの普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩と、僅かに新しい後期中新世の“身延(みよぶ)層”のF2aの泥岩及び砂岩泥岩互層(砂岩、安山岩火砕岩及び熔岩を伴う)が分布します。しかし、☆印で示した観察地点の川原よりも上流に分布するのは、N3a, G1a, F2aの3つの地層・岩体です。これら3つの地層・岩体を構成する岩石種はほとんど重複しないので、岩石種がわかればどの地質に由来するかわかります。

それでは、実際の例で練習してみましょう。皆さんには、自分の住む場所の近くにある河川の川原に行っても同様な実習を行ってもらうことになりますが、下の注意をまず読んで下さい。

野外調査の場所の選定と、安全上の注意

- ① この実習では、調べる川原の上流側に複数の地質が分布していないとできませんから、予め図4の方法で地質図を見て、確認してから場所を決めて下さい。
- ② また、小河川では上流に複数の地質が分布していないことが多く、たくさんのお礫のある川原もないので、中規模以上の河川を検討して下さい。
- ③ 町中に多い護岸工事によって礫が除去されてしまった川では観察できないので、その場合は上流側の山裾の部分にまで行くことと良いでしょう。
- ④ 川の水の中に入る必要はありません。また、急な雨やダムの放水による増水には注意して下さい。水深が浅いようでも水の流れは中流では上流よりも速くて、見かけよりずっと危険です。

Figure 5 テキスト4頁目の「6. 地質図の検索・利用の仕方」(つづき)

7. 礫の岩石種をWebも活用して同定する

☆の観察地点の川原での礫の写真3枚を図6に示します。一方、上記の地質図の凡例からは主要な岩石は常葉層の玄武岩-安山岩 (B)、甲斐駒ヶ岳深成岩体の花崗閃緑岩 (G)、身延層の泥岩 (M) 及び砂岩 (S) 泥岩 (M) 互層の3種類ほどになりますので、地学通論の授業で教科書として用いた「新図表」

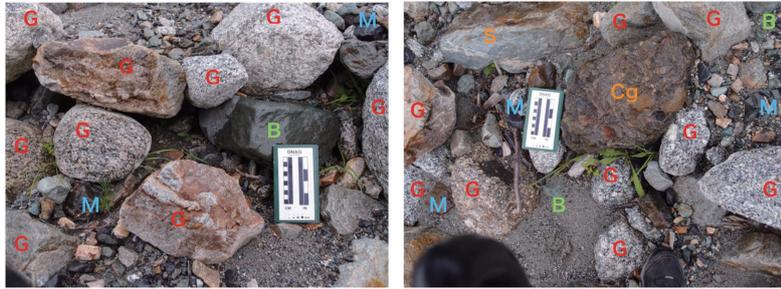
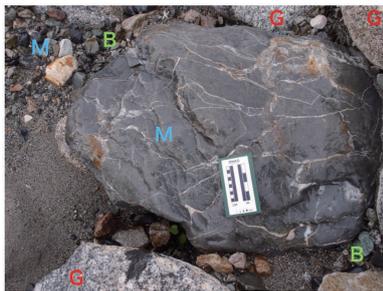


図6 小武川支流ドンドコ沢の★印地点の川原の礫



(浜島書店)のp. 108-109 (火成岩), p. 125 (堆積岩), p. 132-133 (変成岩)の写真(図7)か、Webでこれら岩石名で検索した結果見られる写真(図8)でどのようなものかを確認して、図6の写真のそれぞれの礫が候補の岩石種のいずれに該当するかを決めます*。

*礫の表面は摩耗によって、透明な鉱物がすりガラスのように不透明になっていたり、鉱物に特徴的な結晶面や光沢が失われていることが多く、風化によって色そのものが変化していることもあります。前記の露頭での情報の喪失に加えて、このような本来とは異なる見え方になっていることが礫の岩石種の同定を難しくしています。このようなときは、川原で同じ礫種で自然に割れているものを探したり、礫同士をぶつけて割って、断面の新鮮な面を観察するとよい。

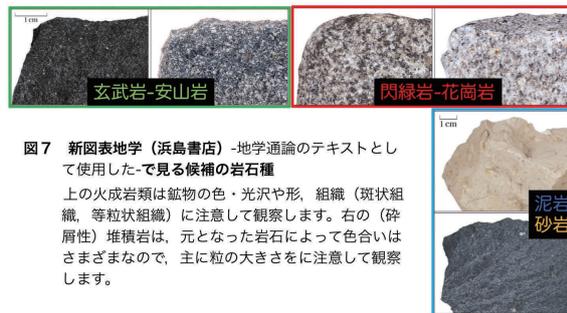


図7 新図表地学(浜島書店)-地学通論のテキストとして使用した-で見る候補の岩石種
上の火成岩類は鉱物の色・光沢や形、組織(斑状組織、等粒状組織)に注意して観察します。右の(碎屑性)堆積岩は、元となった岩石によって色合いはさまざまなので、主に粒の大きさを注意して観察します。

Figure 6 テキスト5頁目の「7. 礫の岩石種をWebも活用して同定する」

ズの粒からできているので砂岩かも知れないが、粒に結晶の輝きを感じられることから玄武岩かも知れない。しかし、玄武岩の典型的な写真は図7のように灰色が普通であり、緑色であることで迷うことになる。しかし、Webで玄武岩の写真を検索すると図8(Fig. 7)のような多様性があり、ここの礫と同じ緑色の玄武岩があることがわかる。しかもそれは海洋玄武岩と記されており、海洋でできた火山の玄武岩であるという、形成場所に関することまでがわかる。

また、図6(Fig. 6上)の左下の大きな黒色の石(M)は、緻密で粒子のサイズが見えないので泥岩の可能性がまず考えられるが、白い脈が入っていてテキストの図7の典型的な泥岩にはない著しい特徴がある。このために泥岩と同定できない学生が多く出てくると考えら

れるが、Webで泥岩を写真検索すれば、付加体で一旦地下深部にまで持ち込まれた泥岩にはこのような石英の脈のあるものもあることがわかり、同定が可能になる。

このようにして、典型的な岩石で学習した知識を、野外実習を通じた実物とWeb上の膨大なデータによって拡張することは、多様性が特徴の地質分野では効果的な学びになると考えられる。

しかし、このようにしてもなお、同定できない岩石種が残ることもある。その原因は、地質図の凡例に記載された岩石種は主要なものに止まっていて、少数派は省略されていることにある場合が多い。図6の右上のCgの礫はその例で、候補に挙げられている岩石種には当てはまりそうなものはない。この場合は礫岩であることが一目瞭然であるが、不明な場合でも次のような方法をとれば、少数派の岩石種を知ることができる。地層や岩体は時代や形成環境が密接であればグループにまとめられることが多く、それぞれは優勢な岩石種を基準に分けられているだけなので、その凡例になくとも同じグループで名前が挙げられている岩石が含まれている場合がよくある。この礫岩も、同じ身延層のもう一つの岩相(グループ)では、主要な岩石種が礫岩なので、書かれている泥岩・砂岩以外にも礫岩があっおかしくないと考えることができる。

3.8 テキスト「大地の成り立ちの歴史を調べる」

地質学の最大の目的は地球の歴史を解明することであると言って良い。この実習で学生が手にした岩石は、自分の力で地質図を活用して上流のどの地質に由来するかを突き止めている、この時活用した地質図にはその岩石・地質の年代が時代順に記されており、当然前後関係も明確である。ここまでのことを学生ができていれば、地質学の最大の目的にそって、調査地域の「地史」すなわち「大地の成り立ちの歴史」を理解させることが、もう少しで可能になる。

“地史”は地質調査の最終的な目標ではあるが、それだけに多くの研究者の、多方面からのアプローチの集積の上にやっと見えてくるものである。専門家でも、先人

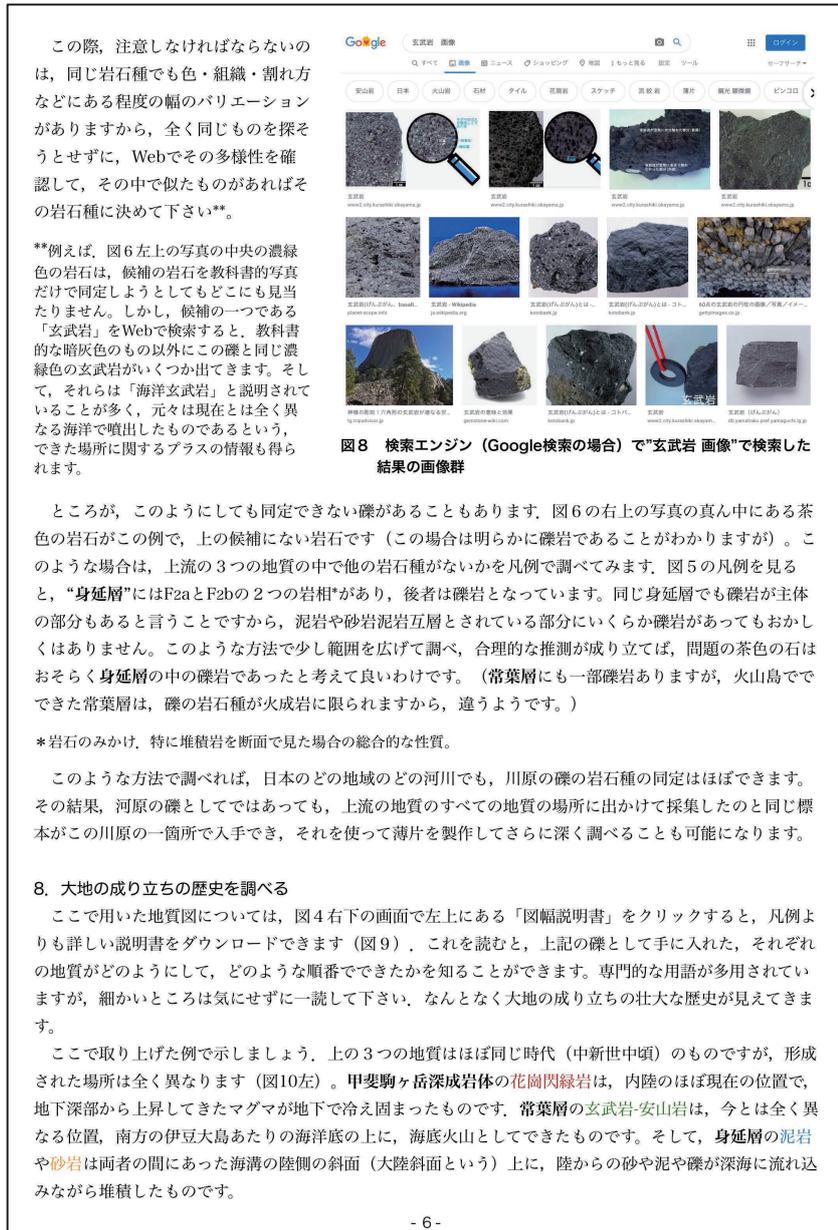


Figure 7 テキスト6頁目の「6. 地質図の検索・利用の仕方」, 「大地の成り立ちの歴史を調べる」

が築き上げてきた“地史”をまず理解し、その上に新しく知見を付け足したり修正していくというのが地質学の世界の研究である。このことから、本実習でも学生の調査のみから地史を組み立てさせるのではなく、自分の成果を踏まえてこれまでの研究で明らかになっている地史を理解させるのが正しい方法であると考えられる。したがって、学生たちにもこの“地史”の解明の階段を少し頑張って登ってもらう必要がある。幸い、本実習では、ここまでの段階で、全国的に見ても基礎地学実験としては地質図を最も深く理解・活用する実習になっているので、次へ進むことが十分期待できる。

“地質図 Navi”では、任意の地質図についてその図幅説明書（1/5 万地質図はこれと一体のものとして刊行され

ており、1/20 万地質図にも 1/5 万地質図が未刊行に地域についてはほとんど説明書がある）ので、この説明書から地史を理解させるという方法ならば、オンライン授業環境下でも支障はない。

その際留意しなければならないのは読み方である。地質図自体が、従来専門家かそれに準じるレベルの人々によって作成・利用されてきたものであるため、その説明書もまた専門用語が多く使われて、正確に読むには多くの知識を必要とする。しかし、ここではその記述の中から

“地史”の大まかな流れを読み取るということに目的を絞って、専門的に深入りしている文は飛ばして読むことを提案したい。既にある程度慣れた地質に関する記述であり、岩石や地層名にも既に知っているものが多いことも助けとなると思われる。

この作業は、1/5 万地質図の刊行されている多くの地域については、その説明書中に、すべての地質を地史的にまとめた“層序表”があるので、これを中心にして、難解な用語にはこだわらずに読めば、大筋を理解することができる。テキストでは、1/5 万地質図を用いる場合よりも難しい、層序表の掲載されていない 1/20 万地質図の説明書を用いる場合を例示している。学生はこのような時間的・空間的に壮大な“地史”の理解には、難しい説明が相当たくさん続くような印象を持ち、始める前に諦める懸念がある。そこ

で、ここに“地史”のストーリーのまとめ方の例を示した (Figs. 7-8)。この例では、文章としてのまとめ方のほかに、地史をイメージしやすくするための作図の例も示して、効果的であることを示した。

この地史の解明の作業に関しては、地学が専門ではない学生で試みられた例はないので、学生がどの程度実行できるか未知の部分が多く、無謀と見られるかも知れない。しかし、昨年 (2019) 度の理科教育法の授業 (履修者 18 名) において、「地域の自然景観の成り立ち」の教材研究として、1/5 万地質図とその解説書を資料として自分の居住する地域の地史を調べる課題を課したところ、地学実験を履修している学生 (10 名) は全員が地域の主要な地質単元を正しく抽出し、それらが形成された

- 廣木義久・坂本 綾・吉川 剛 (2006) マーキング法による河川礫の移動調査：川の増水による礫の移動を実感させるために. 地学教育, **59**, 121-129.
- 桐生和樹, 竹下欣宏 (2019) 河原の石ころ標本を活用した授業の取り組み. 日本地学教育学会第73回全国大会・令和元年度全国地学教育研究大会 秋田大会講演予稿集, p. 157-158.
- 倉敷市立自然史博物館 (2020.4 閲覧) 岡山県の三大河川(高梁川・旭川・吉井川)の河原の岩石.
<http://www2.city.kurashiki.okayama.jp/musnat/geology/rock/kawara-rock/okayama-kawara-rock/okayama-kawara-isi.htm>
- 尾崎正紀・牧本 博・杉山雄一・三村弘二・酒井 彰・久保和也・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久 (2002) 20万分の1地質図幅「甲府」, 産業技術研究所地質調査総合センター.
- 櫻井春彦・池田安夫 (2011) 河原の石からたどる日高山脈の構造と教材開発. 北海道教育大学釧路校研究紀要, **43**, 69-76.
- 柴山元彦 (2018) 関西地学の旅⑩ 川原の石図鑑. 東方出版, 東京, 149 p.
- 竹下欣宏, 富樫 均, 土屋武史, 渋谷孝信, 中川知津子, 笠原大弘, 田澤岳哉, 桐生和樹, 村松 武, 田辺智隆, 陶山 徹, 関めぐみ (2019) 長野県デジタル地質図と河原の石ころを利用した地学教材の開発とその活用. 日本地学教育学会第73回全国大会・令和元年度全国地学教育研究大会 秋田大会講演予稿集, p. 141-142.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2020.4 閲覧) 地質図 Navi. <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>
- 渡辺一夫 (2002) 川原の石ころ図鑑. ポプラ社, 東京, 183 p.
- 渡辺一夫 (2005) 海辺の石ころ図鑑. ポプラ社, 東京, 207 p.

Abstract

In education of the field of geology, field training is indispensable in order to make use of the acquired knowledge and to acquire the skill to investigate nature geologically. However, in the online classroom environment that suddenly occurred in 2020, it became impossible to carry out this practice in the conventional way. Therefore, the author has developed a new geological training method that can achieve the same level of purpose even in such an environment. By observing the gravel in the riverside of the river near the residence where any student can access, it is possible to use the Web geological map in advance to narrow down to a small number of rock species that may be transported from upstream. It identifies rock species autonomously. Furthermore, by utilizing the instructions of the geological map, the results of one's own gravel and geological survey can be further developed into an understanding of geological history.

Key words: field geology, practical training, online teaching environment, riverbed gravels, geological map, rock type, geological history