

グループワークを用いた「地球の歴史」の学習

—化石を活用した教材の開発とその実践事例—

(理科教育講座) 山崎哲司

(松山市立東中学校) 池田尚子

Teaching the “History of the Earth” using group work and fossils as teaching materials

Tetsuji YAMASAKI *and* Naoko IKEDA

(平成 26 年 6 月 16 日受理)

1. はじめに

教育学部ではさまざまな内容の授業をすることが一般的であるが、筆者の一人は地学関係の授業も担当している。また地学の担当領域で言えば、主に地質・古生物学領域について講義や実験をしており、「地球の歴史」について話すことが多い。

「地球の歴史」を考えるには、当然のことながら化石が不可欠である。数値としての放射年代については、基本的に鉱物が対象となるが、「地球の歴史」の主役は生物とその変遷である。現在に至るまでにどのような生物が生息し、かつ繁栄し、そして絶滅もしながら現在のような生物界ができてきたのか、それを地層・岩石と化石から紐解いて行くのが「地球の歴史」に関する内容である。

「地球の歴史」を1冊の本に例えると、膨大なページのうち、目にするのは基本的に現在という最終ページである。「(何があったかは分からないが)主人公が冒険を、旅を終えてひとまず話が終わったんだ」と、一区切りが付いたことは分かるが、何をした結果こうなったんだろう、どのような旅をしたんだろう、どのような仲間がい

たんだろう...、物語の始まりから途中で何が起きたのか、やはりそれが分からないと、結末である最終ページの意味も良く分からない。現実には虫喰いだらけで読みにくい本であるが、本の厚み(膨大な時間の長さとながり)や本の材質(岩石・地層や化石から作られている)にも目を向けながら、その内容をできるだけ系統立てて読み、最終ページの意味を理解するというのが、「地球の歴史」を学ぶことと言えるだろう。

なお本稿は、平成 25 年度の教員免許状更新講習で山崎が紹介したものを、池田が中学生を対象として実践した報告である。そこで、中学校の実践報告部分を主として池田が担当、それ以外については山崎が担当し、記述内容について責任を負うものである。

2. 大学の授業における取り組み

「地球の歴史」について学ぶ時に取り上げられるのは「示準化石」であろう。中学校の理科で必ず出てくる言葉であり、その例として古生代の三葉虫、中生代のアンモナイト、新生代のピカリアやナウマンゾウなどが教科

書などに見られる。

高校で地学を学習する大学生はごく一部であるが、中学校で示準化石や示相化石という言葉とその代表例を学んでいるため、“示準化石とかは、何となく聞いたことがあるなあ”といった程度の記憶は持っている。しかしそれは単に、“そう言われると聞いたことがある”であり、時間と共に生物の姿が変化していること(生物進化)や、そのことが地球の歴史を知る手がかりになることと結びついているのではなく、過去に覚えさせられた言葉の一つでしかない。

現在の地球をより深く理解するためには、過去の地球について知ること、そしてそれがどのように変化しながら現在へつながっているかを知ることが重要である、と説明しながら大学で地学の授業をしている。“古生代の示準化石は○○…”ということだけではなく、生物の変遷を、個人的に収集している化石標本を活用しながら話しており、また代表的な生物についてはその特徴や生活様式などを述べ、過去に地球上で生息していた古生物として化石を意識させながら、それら古生物が時間と共にどのような変遷をたどったかを話している。ただ、そのような過去の生物とその変遷を知るためには、まず過去を解き明かすための基礎となる「地層累重の法則」と「(化石による)地層同定の法則」を理解しなければならない。

なぜ化石により地層の年代が分かるのか、と問いかけると、「示準化石が出れば年代が分かるのでしょうか」と答えが返ることが多い。しかしながら、どの化石にもその生物が生息していた年代が書かれている訳ではなく、化石標本を任意に抜き出して並べた場合、見かけだけでその新旧の順序を当てることは困難であろう。また「地層同定の法則」で示されているように、本来、化石が示すのは同時性であり、それ自体では新旧を示さない。新旧を知る手がかりの基本となるのは、「地層累重の法則」で示される地層の積み重なりである。

層序や地史の基本となるこの2つの法則の意味を説明した後で、両法則を用いて世界各地の地層を調査研究し、それらの層序を対比することで、さまざまな化石の新旧関係が決まることを(下手な)絵を描きながら説明している。しかし層序(生層序)に関するこの説明は、その場では分かったつもりになっても、後日に改めて文章化させると、多くの学生が2つの法則を混同し、また論理

立てた説明になっていないなど、理解や知識の定着が難しい考え方の一つである。そこで、教員から説明するだけではなく、説明してきた内容を学生たちに疑似体験させながら理解を図ろうと思いついたのが、本稿で紹介する教材の原型である。

平成25年度のこの授業の受講者は40名少々であった。グループワークをする場合に1グループの人数を最大で6名前後にしているが、準備の都合もあって5グループで作業をさせた。図1は、その時に使った“地点1の地層”であり、網掛けを入れて地層の積み重なりを表現した(同じ模様の部分)が1つの地層。波線は不整合の存在を示す。また長方形の部分は化石(もしくは化石らしきもの)が見つかる場所を示している。そして、層の厚さや不整合の位置などを変えた同様の「地層」を地点5まで用意した。また、いろいろな時代の化石を用意し、それらにA~Zの文字を

付けた(時代の順序とは無関係に記号を割り振る)。その文字を書いた紙片を長方形の枠にセロハンテープで貼り付けるが、ゲーム性を持たせるために白紙も含めた。なお、1つの地層からは同じ文字の化石が複数個見つかるが、上下の地層から見つかるのは別の文字の化石である(それぞれの種類は1つの層準に限定する)。ただし1つの地層に複数の種類が見つかる場合もある。

5つに分けたグループで、地点1~地点5のどれかを調査する。また作業では1つの層について紙片を3つまで剥がして良い、と決めておく。白紙も混じっているものの、3枚剥がせば通常は化石が見つかる。その見つかった化石をワークシートに書き込み、その地点で見つかった化石について古いものから新しいものへと並べてゆく。この新旧の判定は、「地層累重の法則」に基づいて行

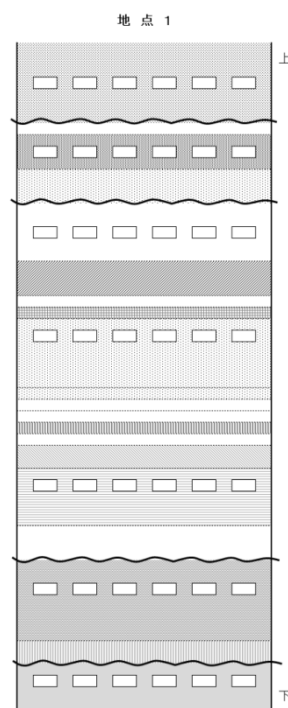


図1 作業用の“地層”

う分かりやすい作業である（地層の逆転は考えない）。

紙片を剥がした際の運不運はあるが、この作業は非常に単純なものである。ただし、これだけで終わりではない。目的は A~Z 全ての化石について新旧を決めることだが、それぞれの地点ではその一部しか見つからない。完成させるためには、他の地点の“調査結果”を尋ね、それが自分たちが調べた地層の上位なのか下位なのかを考え、全地点の“調査結果”を統合して全ての化石の新旧を決めなければならない。そしてまた、少し複雑なことに不整合が存在する。不整合を挟んだ部分では、化石記録に大きな欠如があるかも知れないので、そこも考慮しなければならない。もう一点は、同じ層準に複数の種類の化石が存在する場合があるため、もし一つの地点にしか見つからない化石を引いてしまった場合、他の地点との対比がうまくできない場合もある。このような時には、教員が様子を見ながら「もう一つこの層準の化石を剥がしてもいいよ」、という指示をするようにした。

個々の作業は単純であるが、不整合や複数種類の化石が存在するため、実際に作業をさせると正解に辿り着くまでに時間がかかり、少し改良の必要性を感じた試みであった。とは言え、作業をして考えることで、「地層累重の法則」と「地層同定の法則」をどのように使って離れた地層の対比をするのか、化石がどのような役割を持つのか、について理解が進んだようであった。

なお、複数の化石を一つの層に配置する意味は、単純な作業で終わらないようにするため、というのではない。例えば2つの化石を一つの層に配置する時に、片方の化石は一つの層の6箇所のうち3箇所に、もう片方は1箇所にのみ、としておく。そして他の地点の同じ年代の層に見つかる化石は先ほどの3箇所に配置した化石のみとする。そのことから、数の少ない、そして限られた地点にしか見つからない化石は、離れた地点の地層同士を比較するには利用できない。従って年代の決定に有用な化石=示準化石としては、数が多く見付き、またいろいろな地域で見つかるものが良いということ、この疑似体験の中で発見して理解してもらうためである。

3. 化石の教材化と教員免許状更新講習での実施

初めて試行した結果は、複雑すぎる部分もあり、また準備の時間が足りずに貧弱な教材であったが、学生の反

応は良いものであった。そこでそのほぼ1か月後に担当した教員免許状更新講習（以下、更新講習）の中で、少しでも工夫を加え、受講者に挑戦してもらった。

なぜ大学の授業で試行したものを更新講習で紹介したかであるが、学生たちの姿を見てみると、「化石」についての学習が表面的にしかできていない、あるいはまた関心を持つことなく初等・中等教育を終えていると感じていたからである。例えば小学校理科で「化石」がでてくるのは第6学年であるが、学習指導要領では、“「化石」については、地層が流れる水の働きによって堆積したことを示す証拠として扱うこと”（内容の取扱い）とだけ記述されている。第5学年の「流水の働き」と結びつけたいのであろうが、東京周辺などとは違い、四国でそのようなことを見て取れる例を見つけるのはほぼ不可能であり、実感を伴った「化石」の学習をこの内容の範囲でするのは困難であろう。中学校理科ではおおよそ1年の終わり頃に「大地の成り立ちと変化」を学習するが、その単元では“「化石」については、示準化石及び示準化石を取り上げること。「地質年代」の区分は古生代、中生代、新生代の第三紀（古第三紀と新第三紀）及び第四紀を取り上げること。”（内容の取扱い）とされている。そして三葉虫、アンモナイトなど、各時代の示準化石となるような化石の写真が載っているが、地質年代の意味も分からない中で写真を並べても、地球の歴史を理解することにつながるのか疑問である。歴史というものは連続した時間の中で語られるものであり、繁栄した生物も時間とともに変わるのだが、年代区分の名称とその年代の数個の化石を示すだけでは、時間の流れに結びつかない。

高等学校の地学では、例えば“古生代のカンブリア紀は△△という特徴を持った時代で、○○という動物が出現し、次のオルドビス紀には…”と解説が詳しくなり、時間の流れと結びつく記述にはなってくるが、それをただ読み流すだけになってしまうと、「覚えることが増えるだけ」になってしまう。化石の学習は、しばしば「古生代の示準化石は三葉虫、中生代はアンモナイト…」と覚えることが目標になっているように思われる。それでは何億年、何十億年という時間の流れを考えるものとならないし、単に覚えただけの知識は失われるのも早い。

児童生徒が少しでも化石に興味を持つことを期待して、実習や実験を取り入れた授業も見られる。化石のレプリ

カ作りは代表的なもので、私も松山市の事業である「おもしろ理科出前教室」で小学生や中学生相手に行っている。おゆまるを利用すれば15分～20分で30数名の児童生徒にアンモナイトあるいは三葉虫のレプリカ作りをさせることができる。おゆまるでアンモナイトや三葉虫のレプリカを作成すると、おゆまるの特長を利用した話ができるため導入がしやすいし、レプリカの作成作業も容易なので重宝している。余談だが、レプリカの型は所有している化石から取ったもので、単純な形態の化石であれば型の作成も容易である。ただし、おゆまるは変形しやすいのでレプリカの型には不向きである。

なお、これはあくまでも化石に興味を持ってもらうための手段であり、化石の学習を通して伝えたい、「地球の歴史」という膨大な時間の流れについては別の工夫が必要である。体のつくり注目して現在の生物と結びつける取り組みも見られるが、“時間の流れ”をそこから導き出すのは難しい。また骨格（硬組織）のみの化石と現在の生物を比較するので分かりにくかったり、現在の生物についての知識が少ないと児童・生徒間の気付きが乏しかったり、などの課題がある。

もともと、中学校に勤務する卒業生の話を知ると、地層や化石を実習や実験で取り上げること自体が少なく、日常的には火山に縁のない四国でも、手順の分かりやすい火山の形（マグマの粘性）、結晶の成長（鉱物）、火山灰の観察が主体になっていたりする。そのため地層や化石を扱う実習として“砂を使った堆積環境”や“おゆまるを使った三葉虫のレプリカ作り”を更新講習で実施してきたが、“地層や化石を学習をすることからの気付き”をどのようにして児童生徒に与えるかについて、十分に示すことができていなかった。視点としては新奇な部分があると思っているが、どうしても、“解答”に近いものを示しながら観察させて、「ああ、そう言われると確かにそうになっている」という形になりがちであった。

今回の「地球の歴史探究ゲーム」は、地層の積み重なりを意識させることで時間の流れを示すことのできる可能性があり、またグループ学習として実施できそうな教材であるため、先述の大学の講義で試行したものを少し改善して、更新講習の中で体験してもらいながら、その可能性を紹介することにした。主な改善点としては、化石の名称を記号で表すだけでなく、化石写真（名称は

記号でア～ネとした）をカラー印刷した紙片を準備したことである（図2）。また、各地点で結果をまとめるための、そして他のチーム



図2 化石の例

の情報を書き加えて全体を完成させるためのワークシートも準備した。

更新講習の受講者は30名で、6名ずつの5グループに分け作業を行ってもらった。グループのリーダー役が明確な班と不明確な班で進度に差が出たが、完成した班は他の班へ情報を集めに行くように指示をした結果、遅れ気味の班も他の班から助言が得られ、全体の作業が進んだようである。講師側の説明の仕方や指示の出し方が十分でなかったために、予定よりも遙かに時間がかかってしまったのだが、更新講習の内容を今後どう活かすか、という出題の1つに見られた言葉を拾い出すと、

○機械的に化石を覚えさせるのではなく、地層でよく見られる、見られないを体験させ、化石の種類を知らせるという考えにすごく共感させられました。

○地層を古い順にならべる作業については、とても参考になった。子ども達に論理的思考力をつけていくことができると思う。

○探究ゲームは、コミュニケーション能力、科学的思考力と様々な力を必要とする学習方法だと思いました。

○「化石の名前を覚えるのが目的ではない」と言われて、「たしかにそうだけど、化石の名前を覚えさせる代わりに何を身につけさせるの。化石掘りなんてできないし。」なんてひねくれた思いを見事にひっくり返されました。『地球の歴史探究ゲーム』『おゆまる』でのレプリカ作り。生徒が熱中して遊ぶ中で気がつく地層の原理（下ほど古い）、示準化石があると本当に助かる！、化石になった生物の形にはちゃんと意味がある、などが自然に身につけてしまう。

○「地球の歴史探究ゲーム」は、ぜひ中学1年生の地学分野で実践したいと思った。各地域での地層のつながりや化石の名称、示準化石まで幅広く楽しく学ぶことができる教材だと感じた。私は生物の専門でありながら中学生では地学分野を教えなければならず、いつも覚えさせるだけの授業になっていた。この講話を通して、生徒が探究し、興味を持たせる授業のあり方を学ぶことができた。

などがあった。感想を書かせるものではなく、どのようにして今後の授業に活用するか、との問いであるため、記述内容の最初の部分を取り出しただけであるが、単に知識を身につけさせるための効率的な方法、というのではなく、考えたりコミュニケーションをとったり、という部分に関心を持ってもらえたようである。この時には指示が徹底できなかつたり、ワークシートも不十分で分かりにくい部分があったりで、講師の立場からは反省点だらけだったのだが、受講者からの評価は良好であった。また講習終了後に本論文共同執筆者の池田先生から、実施方法や手順の細部をもう一度教えてもらいたいと申し出があり、その後の実践につながっている。

4. 中学生を対象とした実践

更新講習の反省を踏まえて改善を試みた点についてまず述べ、その後に中学校での実践を報告する。なお、改善については少しずつ進めてきたものであり、中学生を対象とした今回の実践とは、相前後する部分もある。

i) 改善点

小・中学校の学級単位での実施を考え、30～40名で実施しやすい内容に変更した。グループでの活動をする場合、4～5名でグループを作るのが望ましいと考えられる。そのため“調査する”仮想的な地層を8地点とした。ただし単純に地点数とグループを増やしたのでは情報を交換するのが複雑になり、混乱が起きると考え、8グループを4グループずつの2つの“大きなグループ”（以下ではこれを便宜的に、A群とB群と表現する）に分けることを考えた。A群とB群は、年代の一部が重複するが、A群は全体として古い年代の地層で、B群は全体として新しい年代の地層と設定する。このようにすることで、それぞれの群の中の4グループずつで情報交換をして、化石の順序を決める作業ができる。ただし、A群とB群の両方を組み合わせないと、完全な成果（全ての化石の順序を決定すること）は得られないので、最後の作業は全員で行う（A群とB群それぞれで得られる結果だけでは、一部不明な点が残る、両群の結果を組み合わせることで初めて全ての化石の順序が完成する）。

これは文章で書くと複雑なようだが、各グループで作業をして各地点の化石の順序を決め、続いて4グループのデータを合わせて各群の化石の順序を決定すれば、最

後の作業は簡単である。こうした工夫と共に、各グループで見つけた化石の順序を書き出す際に、どのように書けば良いかが児童・生徒には分かりにくいと思われたので（学生でも作業が進まない者がいた）、調べる地点の地層と同じ図が入ったワークシートを用意した。同時に、不整合による化石順序の不連続が一目で分かるように工夫をして、どこを重点的に情報交換すれば良いかを分かりやすく示すものとした（図3）。

またA3版の用紙に地層を印刷して台紙とし、そこに化石写真を印刷した紙片をセロハンテープで貼り付けていたが、紙片を剥がすと台紙も傷むため、印刷を毎回する必要があった。そこでラミネーターを使ってフィルムで台紙をカバーし、また化石写真を印刷した紙片もラミネートフィルムで覆った。セロハンテープで貼り付け直す手間はかかるが、それ以外は繰り返し使えるようになり、教材を準備する手間がかなり省略されたし、またフィルムで覆うことで見栄えも良くなっている。その後、写真を貼り付ける手間も省くために面ファスナーを試してみたが、厚みがあるため貼った写真が分かってしまうので断念した。ただし薄い面ファスナーもあるようなので、再挑戦したいと思っている。なお、コピー用紙に印刷した場合は、少し持ち上げただけで貼り付けた化石写真が透けて見えるので、薄手のケント紙（厚さ0.24mm）に印刷し、また台紙については中厚口の黒上質紙を裏面に

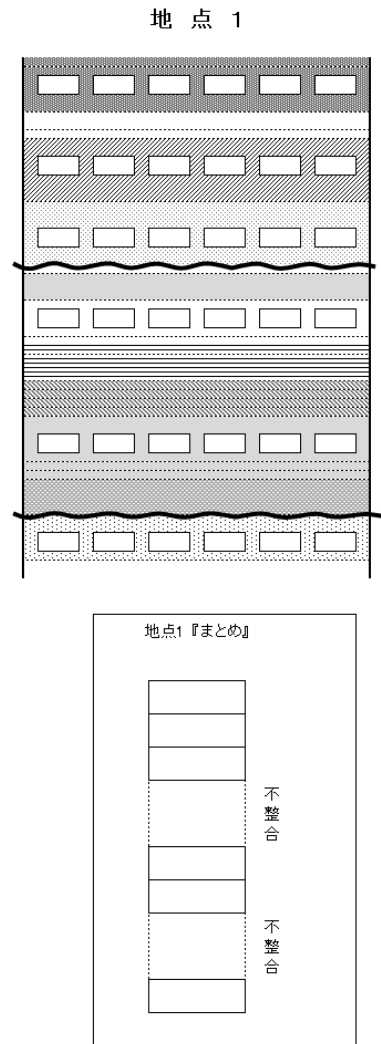


図3 作業シート

重ねてラミネートした。

ii) 中学校（松山市立東中学校）での授業実践

「大地の変化を読み取る」単元では、堆積岩の観察や砂を使った堆積実験を実施してきた。しかし、化石の学習については、生徒の興味関心が高い教材であるにも関わらず、十分な標本がないため、写真を見て化石を知るという活動が多くなり、知識理解が中心の学習活動になりがちであった。また、地層の広がり方の規則性や離れた地点の柱状図の対比では、校区内に適切な露頭もなく、生徒は地域性の乏しい漠然とした資料で学習し、思考の深まりがないまま学習を終えることが多かった。

そこで、松山市の「おもしろ理科出前教室」事業を利用し、3年前から化石の学習を行っている。愛媛大学に生徒が行き、大学や大学教員の所有する多くの化石を用いて学習活動を展開していただいている。それに加え今回は、地層のつながりを考える学習として、更新講習の講座で紹介していただいた「地球の歴史探究ゲーム」という教材を用いて、話し合い活動を中心に思考を深め、地層の積み重なりと連続性、化石による地層の新旧の解明を体験する活動を行った。

まず、平成25年12月14日（土）に、松山市の主任会が運営している「おもしろ理科教室」で、「地球の歴史探究ゲーム」を実践した。「おもしろ理科教室」とは、松山市内の理科に興味がある生徒が応募して参加する事業である。当日は市内14校から生徒が集まった。内訳は1年生10名、2年生14名、3年生4名であった。話し合い活動がうまくできるかどうか不安もあったが、8班編制で実施することにした。時間配分は次の通りである。

地層累重の法則と地球探究ゲームの説明	15分
グループでの化石探しと記録	10分
A群・B群の話し合い	10～15分
化石の順序の全体まとめ	5～10分
示準化石の特徴のまとめ	15分

グループの話し合いでは、お互いに声をかけ合えるリーダーがいるかどうかで、10分ほどの差が生じた。しかし、話し合い活動には意欲的に取り組めており、科学的な思考を伴うコミュニケーション活動は、とても有用だと感じた。参加した生徒からも、地層の新旧が解明できて充実感が得られたという感想が多く寄せられた。なお、約60分の活動後、アンモナイトと三葉虫の化石のレプリ

カを「おゆまる」を用いて作成した。

この「おもしろ理科教室」の後で、東中の1年生についても同様の学習を考えていたが、進度の関係もあって、例年と同様に愛媛大学で「おもしろ理科出前教室」を利用した化石全般に関する学習までになった。それを補うため、2年生となった生徒を対象として、「地球の歴史探究ゲーム」の授業を平成26年5月16日の1時間目と2時間目に行った（1学年2クラスのため、それぞれのクラス単位で実施）。

当日の授業の指導案を次頁に示す。

まず、地層の積み重なりから相対的な新旧が分かるという地層累重の法則と、その中に化石が見つければ、地層の積み重なりから化石の新旧が分かること、また別の地域での地層との新旧関係を化石から判断することができるという、基本となる考え方について最初に説明をした。

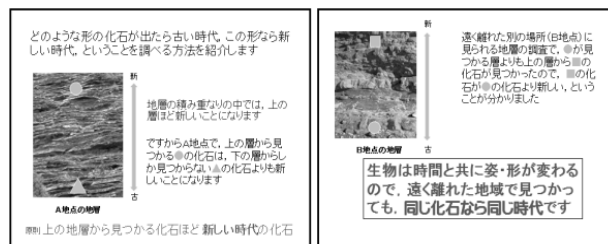


図4 地層の積み重なりと新旧関係

説明はパワーポイントで進めたが、図4に示すスライドを映し、図示したモデルを用いて説明することで、理解が進んだ。

次に、「地層の探究ゲーム」の方法を説明した。地層に含まれる化石の掘り方（探し方）を、ゲームに使うシートを用いて説明することで、グループでの各地点の化石発見作業と記録が順調にできた。化石の簡単な写真と説明を一覧表にしたものを各班に配付しておいたので、詳しくメモをする生徒もいた。東中では、理科の授業は8班編成で、1班は4名、5名で学習している。したがって、1班～4班をA群、5班～8班をB群とし、化石発見作業を行った。また、話し合いでの地層探究は、班を男女に分け1グループ8名程度にし、できるだけ生徒一人一人に役割を与えた。その結果、きちんと記録できていない時に、班にもどり記録し直す姿が見られた。

また、1つの層に2、3種類の化石が発見できる地層

本時の指導

(1) ねらい (◆教科 ◇キャリア教育の視点)

- ◆ 化石の記録をもとに、お互いの情報を共有し、地層の新旧を考察できる。
- ◇ 自分のもつ地層の情報をわかりやすく説明し、話し合うことができる。 (人間関係形成・社会形成能力)

(2) 展 開

学習の過程 (形態)	分	学習の内容と活動 (*留意点)	評価の観点
1 化石について既習内容を確認する。 (一斉)	10	○化石 (アンモナイト・三葉虫・マンモスの歯) を見て、化石からわかることを確認する。(示準化石、示相化石)	
2 学習課題と学習内容の確認をする。 (一斉)	学習課題	地球の歴史探究ゲーム ～地層の新旧を解明しよう～	
3 モデルを用いた実験の方法を理解する。(個人)	15	*作業手順を確認する。 ○地層モデルを用いて、自分たちの地層から発見される化石を調べ、ワークシートに記録する。	○ワークシートに正確に記録できたか。 (ワークシート)
4 課題について考える。(個人→小集団)	15	課題 ・地層の新旧関係を解明する。 (A群・B群)	○化石の位置関係をお互いに比較して、地層の新旧について、自分の考えを話し合いで発表できたか。 (観察)
5 課題について考える。(小集団→大集団)		*課題解決の手順をアドバイスする。 ・地層全体の新旧関係を解明する。	
6 話し合いをもとに発表する。 (全体)	10	○多く発見された化石は何か。 ○化石になっている生物は、どこに住んでいる生物が多いか。	
7 本時のまとめを行う。 (一斉)		○示準化石となる化石の特徴を確認する。	

も設定していた。地層解明作業の中で、まだ発券できていない化石があることが分かると、それを探すためにもう一度自分たちの地層に戻り化石を掘り出していた。このような時に、どの年代の地層を調べれば良いかについて生徒同士で意見を出し合い、どの班の地層を再度調べれば良いのかを見つけようとしていたが、これもまた思考力が必要な活動であり、有用であったと思われる。

活動の所用時間は、下記の通りである。

地層累重の法則と地球探究ゲームの説明 15～20分
グループでの化石探しと記録 10分

A群・B群の話し合い 10～15分
化石の順序の全体まとめ 5～10分
示準化石の特徴のまとめ 5分
不整合による不連続部分を、他の班の情報から解明していくという考え方のコツが分かっているかどうか、課題解決作業の能率に大きく影響した。また、中学校の教育課程では、不整合の考え方が紹介されている程度である。そのため、簡単な説明では不整合の時間的な不連続性が理解できていない生徒がいたため、できるだけ声かけをした。

グループでの話し合い活動は、リーダーとなる生徒がいる場合は、25分間くらいですべての地層の新旧を説明することができた。しかし、出発点となる最初の地層を決めることができないグループや、話し合いのリーダーが不在のグループは、論理的に考えることに手間取り、時間をかけても最後まで完成できなかった。それでも、示準化石となる化石の特徴をまとめる活動の時間を確保する必要があったため、1クラス目の授業では作業が終了していない班もあったが、途中でグループ活動を打ち切った（2クラス目の授業では全ての班で完成できた）。成果：

- ・得られた情報を、きちんと記録し、自分の役割を果たそうとする姿勢が身に付いた。
- ・得られた情報を、グループ内で正しく伝えようとする姿勢が身に付いた。
- ・多くの情報を論理的に整理しまとめる力や、友達の意見を聞く力が身に付いた。
- ・ゲーム形式で科学的な思考を伴う活動を行った。多くの生徒がとても意欲的に楽しく活動した。

グループでの話し合いを通じて、コミュニケーション能力や、科学的な考え方が身に付く教材であった。授業後に提出してもらった感想の一つを図5に示す。

今日の学習活動の感想や、頑張ったところを書いてください。

今日の活動では化石を見つけるだけでなく、情報を伝えるのが面白かったです。また、化石について知ったり見ることができました。自分の意見も発表できて、みんなの意見を聞くことができました。

楽しい事だらけで大変でしたが、楽しくできました。

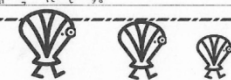


図5 授業後の感想

今後の改善に向けて：

- ・まとめの時間を確保するために、A群とB群それぞれ話し合いまでで作業を終えることも検討する。なぜなら8～10名で話し合う場面では、一人一人自分の役割を果たし、真剣に地層の新旧を考えることができていたのだが、A群とB群の結果を持ち寄って仕上げる時には、人数が多くなりすぎて、一部の生徒のみの作業になってしまっていたように見えた。そのため、A群とB群それぞれの順序までを生徒同士で話し合わせ

て仕上げさせ、それぞれで完成させた順序を黒板に貼り出させる。その後に総まとめとして、どこに注目する必要があるかを確認しながら、教員が最後の仕上げをしても良さそうである。そして、全体を完成させた後に、示準化石の説明をする。

- ・地層累重の法則とともに、不整合の意味については作業を始める前に説明して“不連続であること”を理解させる必要がある。
- ・課題を解決するために特に必要なこととして、不整合の部分を他のグループの情報から補い、全体の新旧を解き明かしていく、という考え方を、最初にヒントとして与えておくスムーズに作業ができるであろう。本章の最後に、生徒の作業の様子（注、生徒の写真の使用については、許可を得ている）と、作業を通して完成したまとめの掲示物の写真を示す（図6）。



図6 生徒の作業の様子とその成果（まとめ）

5. 今後の取り組みと教育方法

私（山崎）も中学校での授業に参加して生徒の発言や動きを見ることで、50分という1回の授業で何をするかを再考でき、そのために改善すべき点や用意すべきものが分かった。また新たな発見もあった。

この「地球の歴史探究ゲーム」を授業の中で利用することの目的は次の3点である。①地層や化石が過去の時間の流れを示し、それが過去を知り現在をより深く知るための重要な手がかりであることを学習してもらう、②4、5人程度のグループでまず考え、それを他のグループに伝えて情報を交換しながら共に考え課題を解決する、③得られた答えから地層や化石を調べる時の重要なポイントや規則性を見つけて理解する。これらを、ゲーム性を持たせることやビジュアル面で工夫することにより、意欲的な学習を促すことが全体としての狙いである。

一連の作業を通じ、「地層は下ほど古い」、「同じ化石で同じ年代の地層であることが分かる」という2つの基本的な考え方（法則）が、ほとんどの生徒に伝わったのではないかと思われるので、最初の目的①については達成できている。欲を言えば、地層1枚1枚がいわば「地球

の歴史」という本のページで、下にある地層が最初のページ、上の地層へとページがつながって行き、最後のページが現在、という連続した時間の明確なイメージを持たせられる資料を用意したい。地層を調べ、その中の化石を見つけることは、ページを繰り返しながら中を読んでゆくことである。その本は分冊になっていて、1つの本(分冊)の最終ページの挿絵と別の本の最初のページの挿絵が同じならその内容は続いているので、そのつながりを探し最初から最後まで揃った本にするのが「地球の歴史の探究」である。「地球の歴史」を“古生代、中生代、新生代”という区分とその示準化石として覚えるのではなく、地層の積み重なりとして見られる時間を感じ、連続性の中で変化が生じながら過去が現在へつながっていることを理解してもらえたら、大成功である。

なお、手持ちの化石から地質年代の各紀に対応する化石を選び、示準化石とされる生物のグループであれば、その種や属が本当に多く見つかるかどうかは別にして(手持ちの化石には限りがあるので)たくさん見つかるように仮想の地層中に配置してこの教材を作成している。ただし、どの紀に見つかる化石かは考慮しているので、使用している化石は多様である。

そのためか、まとめの時に「どういう化石が多く見つかったか」という教員からの問いに対し、三葉虫やアンモナイトなどが挙げられるとともに、「三葉虫がいろいろといた」という発言が出た。どのような意味合いで生まれた発言かは確かではないが、年代とともに三葉虫の姿も変化している、という発見が含まれていると面白い。「古生代は三葉虫」でなく、生物の姿が変化する中で、ある範囲の年代に栄えたのが三葉虫と呼ばれるグループである。そのような生物の変遷が意識できると「地球の歴史」のいろいろなページを読んだことになるだろう。

こうした発見を促し、またグループごとの話し合いの時間を十分に確保(先述の目的②に対応)するためには、少し作業量を減らしたり作業の進め方を整理したりする工夫が必要であることも判明した。簡単になり過ぎても達成感が得られなくなるので、例えば1地点につき6列の化石層を5列にする、ということが考えられる。あるいは6列を変更しなくても、各地点の最下部か最上部の列のみ予め3箇所を開いておき、それに対応する結果を各グループのワークシートに書き込んで配布することも

考えられる。授業を見学していると、まず開いてみよう、というよりは開いて良いのだろうか、開いたらどこに書けば良いのだろうか、最初の段階での戸惑いのために作業が遅れている様子が見られた。作業の大きく遅れるグループが出るとそれが全体に影響するため、その点を改善することで、情報交換をしながら課題の解決に取り組むという狙いの部分を更に充実できるのではないかと思われる。

目的の③については、例えば先に挙げた「いろいろな形の三葉虫がいる」という発見は面白い。今回の教材は化石がなくても記号だけでできる、という発想であったが、やはり写真だけでも用意し、一部は実物やレプリカも用意して、少しでもリアリティを持たせることが、生徒にとっての発見につながる可能性がある。また、実際に化石を見つけたという感覚が、少し得られるように思われる。

同じく③に関することであるが、化石の紙片を1列につき6個ずつとしているのは、先述のように多数見つかる化石と僅かしか見つからない化石、という違いを設定するためである。そのことから、地層の比較をするために有用なのはどのような化石なのか、ということを見せたいのだが、授業時間を考えると化石の順序を解き明かすことでほとんどの時間を使ってしまう。そのため最後に、全ての地層とどの化石がどこで見つかるかを示した全体図を用意し、三葉虫なら枠を緑色で、アンモナイトなら枠を赤で、など目立つようにしておくと、そこから「どの化石が多く見つかるのか、また古い年代と新しい年代で違いがあるか」、「離れた地層の年代を比べる時に役に立つのはどの化石か」、「陸に住む生物と海に住む生物のどちらが化石となって残りやすいか」などを色で見せて考えさせることができ、示準化石などに関する説明を短い時間ですることができるようになる。

その他、近い距離にある地層同士、という前提で、一部の地点には類似した凝灰岩層を設定して鍵層としたり、環境の変化を示すような地層の積み重なりを一部で作ったり、その部分も取り上げたりと、授業時数によっては、より多くの内容を盛り込むこともできると思われる。野外で地層を観察させらるなら、それも組み合わせれば良い。野外での観察は重要であるが、観察できる地層があっても、そこには必ずしも化石が見つからないし、また時間

の経過を観察から見いだすことや、環境の変化を見ることはほとんどできないであろう。地学は膨大な時間と広大な空間を扱うため、手軽な観察だけではそれを知ることが難しい分野である。こうしたシミュレーションも取り入れながら、何千万年、何億年という時間の経過を考えさせることも必要ではないかと考える。

なお、“ゲーム”という名称を付けたが、初歩的で単純化したものであっても、これ自体はシミュレーションである。層序の研究は地層の積み重なるの解明であり、化石を調べて他の地域とも比較しながら上下関係や年代を明らかにしてゆく。無論、実際の研究は複雑な課題が多数あるのだが、本質的な部分で言えば研究の基礎となる部分を“ゲーム”という形にしたものである。今は“アクティブ・ラーニング”という言葉が大学教育で重要なキーワードだが、初等・中等教育においても、児童生徒の自主的、自発的な学習を促すことの重要性は同じである。“研究”は受動的なものでは成り立たず、能動的なものであることはいまでもない。学問分野の研究手法を取り入れた教材作りは、“アクティブ・ラーニング”につながるものとして有効ではないだろうか。

また「地層同定の法則」を題材としたため、別々の地層の積み重なりを持ち寄ってまとめるものとなった。「児童生徒の言語活動を充実すること」は学習指導要領の中でも謳われており、例えば「言語活動の充実に関する指導事例集【中学校版】」の中で、

各教科等の指導において論理や思考といった知的活動を行う際、次のような言語活動を充実する。

○事実等を正確に理解し、他者に的確に分かりやすく伝えること

○事実等を解釈するとともに、考えを伝え合うことで、自分の考えや集団の考えを発展させること

(http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/genko/1306119.htm、文部科学省)とあり、グループで調べた結果を他のグループに伝え、それらを組み合わせて全体の姿を導き出す今回の活動の目的に重なるものである。また、他者のデータと比較するという作業は通常の研究で行うことであり、その点も含めて考えると、専門分野の研究で取り組んできたことを一工夫することで、初等・中等教育での学習に活かすことができる、今までにない教材の生まれる可能性がある。

更新講習をきっかけとした独自教材の紹介とその実践や、松山市教育委員会が実施している「おもしろ理科出前教室」での小・中学校における出前授業は、児童生徒の反応を直接見ながら教員養成の教育を考えることのできる貴重な機会となっている。“理科で化石を取り上げることで、児童生徒に何を伝えるのか、どのような力を身につけさせることができるのか”を“考えながら教職課程の教科内容を学生に教え、また試行錯誤をしているが、その妥当性を確かめて改善する機会をもらっている。

私は理学部の出身だが、教職課程のカリキュラムにおいて、しばしば問題にされるのは教科専門（教科内容）のあり方である。“学習指導要領や教科書も見っていない”などの声も聞かれるが、いろいろな授業で学習指導要領を取り入れているし、教職科目の担当者と生徒指導や学級経営などに関わる内容を含む授業などを実施している。平成 18 年度からの学部カリキュラムでも教科と教職担当者が協働する科目などを新設してきた。

愛媛大学で長年、各種実習の実践や省察に深く関わり強化してきた立場からあえて言う。教員養成に関わる教科専門の教員が実践の場面に関わるのは当然だが、実践を支えるだけが役割ではない。現在の教員養成に関わる議論では、“教職と教科専門や実践と理論の架橋科目”や“実務家教員”などの言葉が前面に出過ぎていて、専門知識のおもしろさ、この言葉では誤解が生まれるので言いかえると、(深く)学んでゆくことのおもしろさ、をどのように児童生徒に(学生にも)伝えてゆこうとしているのかが見えてこない。“興味を持って学んでもらうためには、専門としている領域を、専門外の人(児童生徒のことも意識しながら)にどのような手法でどう伝えれば良いのだろう”、その部分を「教科専門の教員」が担いたいと思っているし、そのために学校現場とも関わりたい。そうした取り組みが、教科専門の専門性をも真に活かした教員養成につながると考えている。

参考文献

小学校学習指導要領 平成 20 年 3 月告示、文部科学省、平成 20 年 11 月 5 日 第二版発行、東京書籍
中学校学習指導要領解説 理科編、文部科学省、平成 20 年 9 月 25 日 初版発行、大日本図書