

〈実践研究〉

理科における「思考」 ——「大地のつくり」の授業をとおして——

前田 善仁

1. はじめに

新学習指導要領では各教科で育成すべき見方・考え方が明記された。これにより、知識の伝達を主目的とした教育から、協働的な学習を通して培われる思考力の育成を目指した教育への転換が図られている。これに伴って、教材に期待される役割も変化すると考えられ、教材概念の再検討が求められる。具体的には、学習内容を分かりやすく伝えることにとどまらず、学習者の思考を促す役割が期待される。以下に哲学をとおして「思考」についての捉え方を明らかにする。次に、「思考」を授業の中で促す為の手法を整理する。最後に、「思考」活動を実際の理科授業において実践し、その内容を解説する。具体的には、理科「大地のつくり」の授業を通して、「思考」を促す教材や、問い、児童同士の思考の交流の様子を紹介する。

なお、理科における「対話」や「思考」についての最近の研究には次のようなものがある。永井(2019)⁽¹⁾は、「思考の可視化」が主体的・対話的な深い学びへの授業を変える有効な手段となることを報告している。小坂・熊野(2020)⁽²⁾は、ウミホタルを、生徒を対話的に深く思考させる探究的な実験教材として提案している。谷口・木村(2020)⁽³⁾は、子供の思考力をはぐくむためには、仲間や支援員との対話により自分の考えを壊して、また作り深める学びが重要であるとしている。さらに、中込・加藤(2021)⁽⁴⁾は、生徒は問題解決に向けて「小さな統合」を通じて少しずつ知識や考えの抽象度を高め、科学的な知識や理論に到達していくことを明らかにしている。

これらの先行研究により、「思考」力を育むための教材の提案や、分析手法等が明らかになったが、生徒に「思考」を促す「問い」や「教材」の条件、生徒同士の「対話」による授業(レポート等)の分析についての研究は管見の限り見られない。

2. 「思考」とは

2-1 哲学をとおして「思考」を説明する

デカルトは「我思う故に我あり」という格言を残している⁽⁵⁾。ここで「思う」こととしているのは、自分で自分に語ること、いわゆる内言(無言の発話)である。デカルトの意識とは、自分の声を自分で聞くことである。自分で発話するからには、自分が存在しているのは当然であり、この格言に非の打ち所はないのではないだろうか。

しかし、私の中で生じるとされている「思い」は、本当に自分から発しているものなのだろうか。内言に使われる言葉は、テレビや新聞、書物や雑誌、インターネットの記事からの伝聞がほとんどではないのだろうか。更にさかのぼれば、幼い頃に家族から何度も聞いた話や人生訓、学校での教師や友人の話も含まれてくるのではないだろうか。

ロシアの哲学者であるミハイル・バフチン(1979)は、他の人から聞いた言葉や考えが自分のものになる時とは、

「その言葉の中に自分の志向とアクセントを住ませ、言葉を支配し、言葉を自己の意味と表現の志向性に吸収したときである」⁽⁶⁾と述べ、ただ単に、言葉を反復し、そのまま唱えるだけでは、「私」の「考え」や「思い」にはならないとしている。また、河野(2019)は、「誰のものでもない「思い」が、いつの間にか「私」のものになる。誰かの考えが、いつの間にか、「私」の所有物になってしまう。それによって「私」が生まれてくる。」⁽⁷⁾と述べて、誰かの考え方や言葉が、今必要とされる場面において、「私」によって内から引き出され、組み替えられ、会話(発話)されたとき、誰かの考えや言葉は「私」のものとなるとしている。

では、どうしたら、他の人の言葉や考えを、組み替え、「私」のものとして発話できるのだろうか。それについては、河野は「そのように誰かのものとも分からない「思い」を流通させるとともに自分のものとするを促すのも対話である。」⁽⁸⁾と述べ、誰かの考えや言葉が「私」のものとなるためには、「対話」が重要であるとしている。さらにバフチンは、

人間の内には、本人だけが自由な自意識と言葉という行為をもって解明することのできる何ものかが存在しており、それは人間の外側だけを見た本人不在の定義ではけっして捉えきれないものなのである。……人格の真の生を捉えようとするなら、ただそれに対して対話的に浸透するしか道はない。⁽⁹⁾

と述べ、自己同士が接触する際、対話が始まる。相互の見解がぶつかることにより新たな見解が創出し、互いに「自意識」が変化し、理解し合える。理解するためには対話が必要であるとしている。学校における授業でも、教師や友人の言葉を内に置き、必要な場面で引き出して組み替えを行い表現されたとき、「私」の言葉として発せられ、他の生徒を刺激し、新たな対話を生み出すのである。

2-2 「思考」を成立させるための「対話」について考える

アメリカの哲学者であるJ.V. ワーチ(2002)は、次のような対話から「思考」が生まれると述べている。

……したがって、二組に与えられた聞き手の役割を取ることは重要な文化的道具、つまり公的な討論の場で他者に質問を出していくことを自分たちのものにしていく(appropriate)ことが促進されることになった。このように、聞き手の役割を取ることは、学校で科学的な推論をうまく展開していくことに関連する文化的道具の習得ばかりでなく、専有についてもそれを促進していく上では効果的であるようだ。⁽¹⁰⁾

ここで詳しく述べられているのは、教師から生徒へ質問が向けられる伝統的な教室で行われる会話とは異なっている。「聞き手の役割を取る」とは、出題者は教師で、回答するのは生徒という役割ではなく、生徒と生徒が疑問をなげかけ、意見(推論)を述べ合う役割をするということである。言い換えるなら、生徒から科学的な推論が述べられたときに、可か不可を述べる教師の介入はとどまり、別の生徒が推論に対して、矛盾する部分を指摘したり、同意したり、修正したりする対話をおこなうのである。このような「対話」を行うことにより、授業内で教師から新たに提示された科学用語や知識が、生徒自身の本当の知識や学習となっていくことが起こるのである。さらに言うならば、機械的に憶えただけの習得のレベルを超えて、まさに自分のものとなっていくこと(専有)、が起きるためには、授業をデザインする教員の、「問い」の準備が重要になってくると言うことを指しているのである。

2-3 「思考」を成立させるための「問い」や教師の役割について考える

誰かの考え方や言葉が、「私」のものとなり、その言葉を使った「対話」を生み出すためには、何が必要なのだろうか。河野(2019)は、次のように述べている。

私たちが考えるのは、事態がうまく処理できず、これまでストックされていた処理方法が壁にぶつか
り、矛盾をきたすとき、デューイの言葉を使えば、「岐路に立たされる」事態に直面したときである。⁽¹¹⁾

ここでいう「これまでストックされていた処理方法」とは、いつも通りの考え方や習ってきた知恵や知識のことを指す。つまり、いつも通りの考え方や、知っている方法では解決できない問題に出会ったとき、人は矛盾を感じたり、新たな方法を学んだり、考え出すための分岐点に立たされるのである。このような、矛盾を感じさせたり、岐路に立たせたりするための問題を、教師が用意すれば、「思考」活動が始まるのである。これを授業の中で行うための考え方として、何が必要なのだろうか。生徒たちが岐路に立ち、心が動いて「調べたい、知りたい、なぜだろう」と思わせる現象を用意する必要がある。

その一方で、生徒が心の中で「不思議だ、なぜだろう」と思っても、対話を進めるための知識や経験が不足していれば、その「問い」はたちまち興味が失われていくことになる。教師が生徒に対して矛盾を与え、解決に向けて興味が継続し、さらに「対話」が生じるようにするためには何が必要なのだろうか。それにはいくつかの条件が必要だろうと考える。以下に示す。

- ・既習の学習において、考えを導き出す知識や考え方を学んでいる。または自身がヒントを持っている。
- ・生活経験上、幾度も体験していたり、良く見聞きしていたりする現象であること。
- ・「問い」を用意する教師側に、答えを説明する準備や、知識、教材研究が行われていること。
- ・教師の側に説明や解説がおぼつかない場合は、補足する専門的知識をもっている専門家が用意できること。
- ・生徒と生徒の間で、普段から討論をしたり、質問をしあったりする習慣があること。

このような背景があって、用意された問いや教材の元で、「対話」が行われていくものと筆者は考える。

3. 「思考」を促す授業の実際

3-1 授業の対象

A県のB町立C小学校児童21名を対象に、6学年「大地のつくり」の授業を実施した。教科書に記載されている地層の図版をもとに行う授業ではなく、自分たちの住んでいる地域の露頭観察をととして、学ぶ授業を展開した。なぜ、地域の露頭観察を用いたのかというと、教科書に示される露頭の写真は、きれいな層が積み重なった地層であったり、見事にずれている断層であったりする。これらの典型的な地層の図版をもとに理解した知識では、自分たちの身近に見られる露頭を説明する力は身につけにくいからである。地域にある露頭は、複雑で難しい。だからこそ、直接観察をし、時には解説をしてもらい、時には仮説を唱え、実験したり議論をしたりして真実に迫る事が必要だと考える。この授業のねらいは、身近に見られる地層や露頭を観察し、その成因について正しく類推できる力を身につけることにある。

生徒にとって、実際に見て触れられる露頭ではない写真を教材として使用しても、悠久の大地の歴史や、自分たちの住み暮らす大地の歴史にふれることはできない。もしも、身近に観察できる場所が存在し、十分な教材研究が行われ、教師が教材として使用できる状態になった場合、教科書で見せられる写真の露頭とは魅力は数倍の差が出るだろう。なぜなら、自分たちの大地の秘密を解き明かすワクワク感は比べ物にならないほど大きいものだからである。このような、魅力あふれる教材を利用し、解き明かしたい秘密が待ち受ける教材(露頭観察)の中で、教師と生徒との対話、生徒と生徒との対話、生徒から教師への質問。このようなやりとりが行われたとき「思考」は、どのように行われるのだろうか。生徒の知識や大地のつくりに対する考え方とともに、考察をしていきたい。

3-2 授業(露頭観察)の実際

観察に用いた露頭は全部で5か所である。大地が形成されたのは2500万年前～1500万年前とされていて、地質時代区分の新第三紀に該当する。多くは、海底が隆起して大地となり、その後河川の侵食により谷が形成され、現在に至っている。観察した露頭では、ホタテ貝などの二枚貝を中心とした化石が採集できることが特徴である。

6学年「大地のつくり」の該当時間は、12時間。

＜具体的な授業の流れ＞

- 1 時間目「露頭観察の仕方」(露頭のスケッチの技法と、露頭の特徴の見方、レポートの書き方)
- 2 時間目「観察地①の特徴について」話し合い
- 3 時間目「観察地②の特徴について」話し合い(露頭のスケッチ、レポート)
- 4 時間目「観察地②の特徴について」実験(ペットボトル実験とその考察、レポート)
- 5 時間目「観察地③の特徴について」話し合い(谷をはさんだ露頭を通して空間の広がりを考える)
- 6 時間目「観察地③の特徴について」話し合い(レポートをもとに仮説をたてる)
- 7 時間目「観察地④の特徴について」話し合い(かつては海であったことを推論する)
- 8 時間目「観察地④の特徴について」話し合い(レポートをもとに仮説をたてる)
- 9 時間目「観察地⑤の特徴について」話し合い(化石採集によってわかったこと)
- 10 時間目「観察地⑤の特徴について」話し合い(大地のつくりについて整理する)
- 11 時間目「まとめ」話し合い(まとめ、大地のつくりについて8コマまんがで整理する)
- 12 時間目「まとめ」話し合い(まんがを通して考える)

3-3 生徒が観察することについて(1・2 時間目)



図1 観察地①

水平な堆積を示す砂岩で、層内断層がみられる。貝殻の破片が採集できる。



図2 観察地①最初のスケッチ



図3 観察地①その後のスケッチ

◆生徒たちが解明していく過程(私たちの大地のつくり論)「観察地の特徴を記録して下さい」

・露頭の特徴を上手にスケッチする生徒

観察地1において、「このガケを自由にスケッチして下さい。」と言われて書いたもの(図2)と、その後クラスの人みんなで特徴や気づいたことを発表しあった後に書いたスケッチ(図3)とを比較してみる。

スケッチの視点をあたえず、書いた場合、多くの生徒は絵画的に描き、木の葉や草など自分で見たいものを見、クローズアップしたり、「がけの線が人の顔に見えます。」という具合に強調したりする。しかし、この露頭の特徴を発表しあった後にえがかれたものでは、断層線や、小石のぬけおちたあとや、化石の入っていた位置を正確に書いているのである。見逃しがちなものを、特徴あるものとして見る、という指摘を教師が行った。そのことによって、露頭を見る眼を養ったり、スケッチの仕方を確認したりすることができた。生徒らは、自分たちが指摘したポイントの中で、「大地のつくり」の学習で見抜かなければいけないポイントを学んでいったのである。その成果を示唆する図3の成果は、その後のスケッチの仕方に重要な示唆を残すものであった。

3-4 生徒が観察するということについて(3・4時間目)「どうして、この層はななめなのかな？」

観察地2において、スケッチしていると、層全体が斜めに傾いていることに生徒たちは気づいた。この斜めの層はどのようにしてできたのかを問題にして、話し合いが行われた。

水平方向ではない、あきらかに傾斜している地層を見て、生徒たちは「地震や大きな大地の動き」によって、そうなったのではないかと予想するグループと、「海の中で坂のような所にたまって斜めに積もった」というグループに分かれた。

〔大地のつくりレポート〕観察地②について(I.Yさん)

わたしは、川の下流から海に水が入っていくところで、坂のようになっていて、そこにゆっくりと積もっていけば、ななめに積もっていくと考えたからです。



図4 観察地②

下部は観察地①と同様の砂岩。中部は含貝殻破片の砂岩。上部は凝灰岩層。

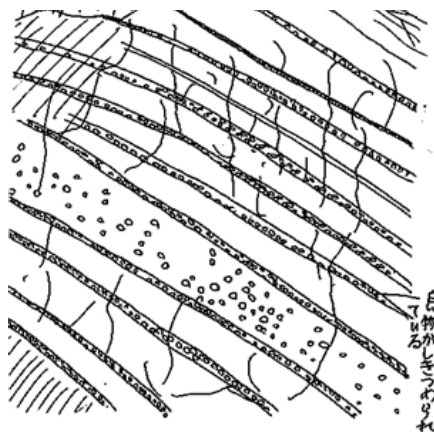


図5 観察地②のスケッチ

〔大地のつくりレポート〕観察地②について(SCくん)

ぼくは、地震や噴火の時に横だったのがななめになったんだと思います。でも、「坂のような所でしずかに積もれば、ななめになると思う。」という、I.Yさんの考えもいのような気がします。

〔大地のつくりレポート〕観察地②について(N.Aさん)

わたしは、昭和新山みたいに、マグマの力でなったと思います。修学旅行で見た昭和新山は地下のマグマが出てきて山をつくったので、そんなふうにしたのだと思います。

〔大地のつくりレポート〕観察地②について(N.Tさん)

わたしは、大きな地震でななめになったと思います。理由は、阪神大震災みたいに道路が横になったり、かべがななめになったりしたのを見たからです。ここは、地面や地層がななめになったのだから、震度8とか9ぐらいだったと思います。

これらの生徒たちの考えを検証するため、ペットボトルを用いて実験を行うことにした。まず 学校周辺から、適当に砂・小石・粘土などをペットボトルに入れ、それに水を加えて振ったのち、床と水平においたボトルと、斜めに傾けたボトルの2本を用意させ観察した。



図6 ペットボトル堆積実験机上と平行に堆積



図7 机上に対して斜めに傾けて堆積させる

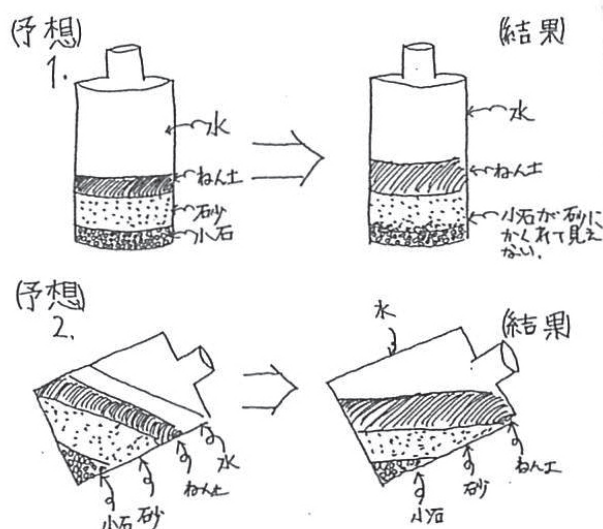


図8 堆積実験前の予想図と、実験後の図

〔大地のつくりレポート〕観察地②ペットボトル実験から(N.Tさん)

予想と同じで、つぶの小さい順に積もったけれど、ななめには積もらなかった。机と平行に積もった。やはり、昭和新山のように、地下のマグマの力でななめになったのだと思う。

実験結果から、水の力で自然に堆積しただけでは、斜めに地層は傾かないことが検証された。

だれも大地をゆるがすような大きな動きを見たものではなく、せいぜい修学旅行で見学した昭和新山や、阪神大震災のようなエピソードや、東日本大震災を連想するしかないのである。

しかしながら、生徒たちにとっては、資料集や地殻変動の知識を押しつけられるよりも、身近な例から応用して考えることが自然であるように思われる。

3-5 生徒が観察することについて(5・6時間目) ―空間の広がりを意識する―「観察地③と④を比べて、気づいたことを発表しよう」

観察地3と観察地4において、谷をはさんだ両側の岩相を観察した。



図9 観察地③

観察地②より北の沢。谷の両側に同じ岩相の地層がみられる。川の侵食による谷間の形成が推論できる。



図10 観察地④(③の対岸)

〔大地のつくりレポート〕観察地③(I.Yさん)

わたしは、向かい合ったろうを、同じもの(○)・ちがうもの(×)・発見したもの(☆)とに分けて考えてみました。

そのことから、わたしはここは同じ層だと判定します。つまり、昔はここは2つの層はつながって続いていたのだと考えます。

では、どうして現在は分かれているかという、ちょうど谷になっている所を小川が流れているので、この小川が何年かかかって、けずったのだと思います。それは、校庭に流れる雨水のあとを見たとき、土をけずって流れているのを見たからです。それがしょうこだと思うのですが。

同じ=○、ちがう=?、発見=☆	
角がまるまった小石がある	○
ちがう色の層がある	○
白い貝のようなものがある	○
水の通り道のようなひび	○
でこぼこしている	○
手でもけずれる	○
黒くしめっぽい所がある	○
角ばった石があった	○
層がしまになっている	☆
小さな穴がない	☆
黒くしめっぽいのは、水がしみだしてきていたからだ	☆
波のあととみたいなしま?	☆

流れる水の働きにより、侵食がすすみ、現在のすがたになっていることを見事に推論している。また、I.Yさんは、2つの露頭の共通点を見だし結論づけている。このような推論だけではなく、証拠を提示する主張は、説得力がある。

〔大地のつくりレポート〕観察地③ (C.Tくん)

ぼくは、I.Yさんと同じで、がけの反対側の地層は、こっち側と続いていたのだと思います。けれど、なぜ今のように分かれてしまったのか。それは、川のげき流だと思います。がけの下で流れている小川の水流は弱く、土や岩をけずるパワーがないからです。

また、C.Tくんのように、大地を削る(侵食)する水の流れは、急流でなければ起こりえないと主張する考えももっともである。生徒らしい発想に、クラスの多くの生徒も同意していた。二人の考えを代表するように、谷を挟む両岸は、つながっていた大地であり、長い年月を経て流れる水の働きにより、侵食されていったのである。二人の仮説はどちらも正しいのである。

3-6 生徒が観察することについて(7・8時間目) ― かつては海だったことを推論する ― 「白いものの正体はなんだろう？」

観察地①・②・③を通じて、白い小石のようなものを大量に発見した生徒たちは、この白いものは、貝の化石だとする説と、白の丸い小石だとする説とに大きく分かれたのである。それは、現在の海岸線から遠く離れたこの地がかつて海だったことを想像する難しさと、貝以外にも海であったという証拠を欲したからである。

〔大地のつくりレポート〕観察地①・②・③ (N.Hくん)

ぼくは、ここが海ではないと思います。それは、あの白い小石が貝だとしたら、必ず近くに、魚や海草などの化石も出てくると思うからです。それに、きちんとした貝の形もしていないのでここは海ではないと思います。

現在、自分たちが住み暮らしている大地が、昔は海だったんだと推論することは、とても難しく、生徒にとっではとてつもなく飛躍した考えなのかもしれない。しかしながら、現実には大量に採取された白い石が貝だとしたら、海だったと判定せざるをえないのかもしれない。できれば、海の水が干上がった状態で海草や魚や貝の化石が出てくれば、納得しやすいのかもしれないが、自然の難しさはそこにあるのかもしれない。

〔大地のつくりレポート〕観察地①・②・③ (I.Yさん)

なぜ貝の化石がとれるのに、魚の化石がとれないのかというN・Hくんのぎ問について、わたしは、貝は、砂浜やあさい所にいるけれど、魚はもっと深い所で泳いでいるのだから魚の化石は、みつからなかったのだと思います。

〔大地のつくりレポート〕 観察地①・②・③ (O.Hくん)

ぼくは、石だと思います。理由は、ここが海だったとは考えられないし、〇〇の海から車で1時間もはなれているからです。こんな山が海だったなんて変だから、ぼくは湖かなんかだったのではないかと思います。それに、あの石にはもようがあって、貝ではなく、石だと思います。

〔大地のつくりレポート〕 観察地①・②・③ (N.Tさん)

わたしは、貝の中身や海草の化石が見つからないのは、たぶんくさってなくなったからだと思います。貝のからはかたいから残ったのだと思います。

現地観察には、資料のように都合のよいものだけが存在するのではなく、様々な障害物が思考を阻害する。だが、生徒たちはそれらを全て包括して、自分なりの思考で納得づけていく。ある種の感動すらおぼえる。

生徒たちの論争は、現地観察5において、完全な形をした貝化石を何枚も発見・採取することにより、「やはり海だったんだ。」と落ち着くのである。

3-7 生徒が観察するということについて(9・10時間目) ― 1500万年前、はるかな時の流れを感じる ― 「なぜ砂の層に、ゴツゴツした火成岩があるのだろう？」



図11 観察地⑤

凝灰角礫岩が含まれる、凝灰質砂岩層。上部に河川であった証拠となる丸石。二枚貝の化石が採集できる。

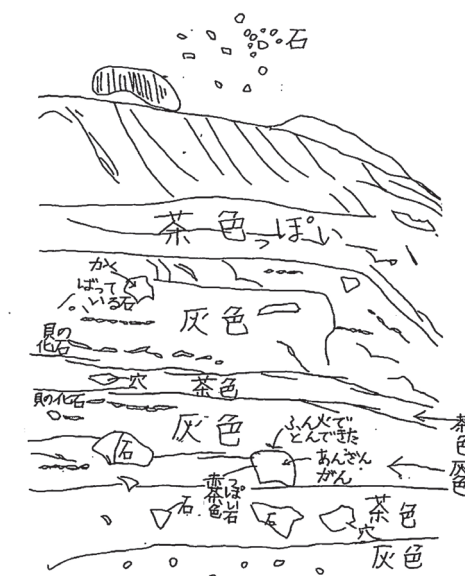


図12 観察地⑤のスケッチ



図13 採集した化石

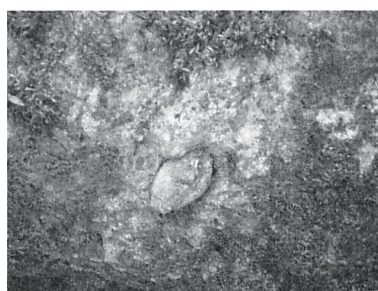


図14 二枚貝の化石



図15 ホタテ貝の化石

〔大地のつくりレポート〕観察地⑤ (N.Tさん)

(川説)川には、流れがあるから砂などはたい積しにくいし、貝はないと思う。

(湖説)湖は、しおの満ち引きや、海ほど波がないので、波のあとが残らないし、貝も大きい貝はなく、ホタテはないと思う。

(海説)海には、しおの満ち引きやホタテのような貝があってもおかしくはない。

観察地5において、ついに完全な形をした貝の化石を発見した生徒たちは、かつて海だったのかどうか、結論を導くのである。

〔大地のつくりレポート〕観察地⑤ (N.Tさん)

わたしは、今日のろうにきてみて、今まで悩んでいた、白っぽい石なのか貝の化石なのか、みんなが困っていた問題が、きちんとした貝の化石を発見できて、解決できたのでよかったと思います。そして、めずらしい化石をとることができて大満足です。

〔大地のつくりレポート〕観察地⑤ (I.Yさん)

ついに発見！ホタテの化石を発見！やっぱり海説でした。めでたし、めでたし。

次に、生徒たちの話題になったのは、何年前の化石なのかについてであった。

〔大地のつくりレポート〕観察地⑤ (N.Tさん)

先生はいつの時代か調べた如果说たら、「化石の写真集で調べればいつの時代かわかるかも。」って言ったでしょ。早くその写真集を借りてきて下さい。

N.Tさんは、後日、借りてきた化石の写真集をもとに、自分で似た写真を探してみたのである。

〔大地のつくりレポート〕観察地⑤ (N.Tさん)

「化石の写真集」をじっくり見て、わたしが取ってきた貝と同じものを探していたら、やっとそれらしいを見つけました。でも、第三紀と書いてあり、なんだこりゃと思っていたら、先生が資料で年表を黒板にはってくれて、それで調べたら1700万年とか1200万年とか書いてあったでしょ。そんなに前のころの貝だなんて、手がふるえました。先生はよく平気ですね。わたしはすごく感動しています。

また、A.Mさんは、休日に科学博物館で調べたことをもとに、知っている湖の歴史と比較し、時間の流れに驚きをおぼえて、レポートに記録している。

〔大地のつくりレポート〕観察地?? (A.Mさん)

わたしが先生に「どれぐらい前の化石なんですか?」と聞いたら、先生は教えてくれません。それで、「数百年前? 数千年前?」と聞いたら、「もっと前だ。」って言ったでしょ。わたしは、前に科学博物館に行ったとき調べたんだけど、●●湖の火山活動は約20万年前から始まって、今の形になったのが2千年前だっていうんだからそれよりも、もっと前なんですよ、スゴイ!

さらに、O.Hくんは、化石について深く考え、どれだけ貴重なものなのか、レポートに感想を残している。

〔大地のつくりレポート〕観察地⑤ (O.Hくん)

約1500万年前の海はどんな海だったのでしょうか。どんな魚が泳いでいたのでしょうか。人間がいない平和な海だったのでしょうか。想像ができません。

こんなすごい化石は取れば取るほど数が減ることに気づきました。大事にしなければならぬこともわかりました。家族も喜んでます。

実は、授業者としてこの観察地⑤で考えてもらいたかったことは、化石の発見による「海か山か湖か」などでは

なく、おだやかな海で静かに堆積した大量の砂(砂岩)の中に、巨大な火山岩が含まれていることに気づいてもらいたかったのである。たった数名であったが、その火山岩をスケッチし、疑問を生徒らに投げかけた者がいた。このことをクローズアップして、話題にした。生徒らはなぜ疑問なのかを把握し、意見を交わし始めるのであった。

〔大地のつくりレポート〕 観察地⑤ (N.Aさん)

わたしはこのろとうを観察してとてもふしぎでした。それは、貝が住んでいる海岸や波打ちぎわだった所にどうして角ばった大きな岩があるのでしょうか。今まで観察してきた所と、地層のしましまの数も多くなっているし、難しくなってきた気がします。

- ・大きな岩が流されてきたとしても、川の流れてけずられて丸くなっているのに、角ばっているし、
- ・白い小石のような貝の化石が砂岩の層からたくさん見つかったので、ここが海だったことは、まちがいないし、

☆考え(予想)

昔むかしの海だった所で、火山のばくはつがあって、砂浜に大きな岩がまぎれこんだのではないかな。

〔大地のつくりレポート〕 観察地⑤ (O.Hくん)

- ・また、貝の化石を発見した。
- ・貝の化石がとれる層は、だいたい下だ。
- ・砂岩でできている層でも、貝の化石がとれる層と、とれない層がある。
- ・砂岩の層に赤っぽい角ばった大きな石が入っている。
- ・一番上の方に、先生が登って行って落とした石は丸い石や細長い石だった。

感想

海だった時に、大地震や火山のよう岩が飛んできたのだと思う。そしてまた静かな海にもどって、また地震などがあって、また海になって、そして最後は陸地になって、川が流れていたのだと思う。

ただ、ここが川だったとしたら、昔はずいぶん山の方まで水が来ていたんだと思うし、今の川よりも大きく深かったのかも。

海だったり、川だったり、火山だったり、頭がグチャグチャです。

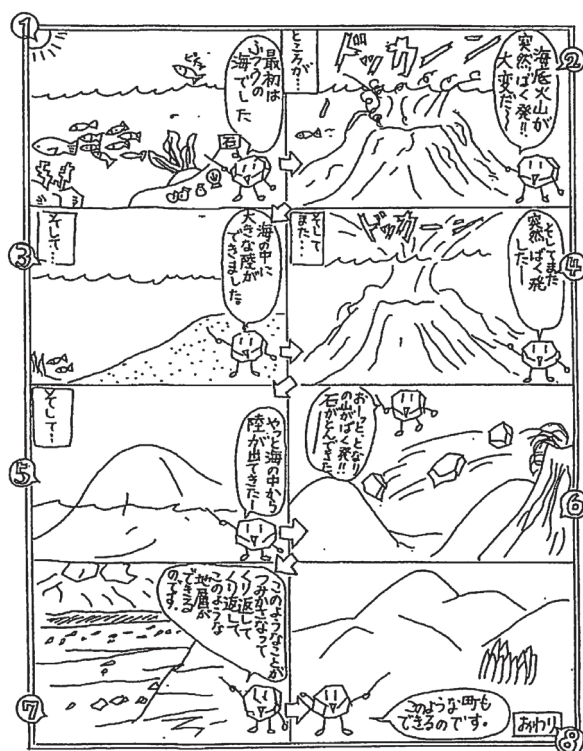
観察地⑤において、砂岩層に大きな角張った石が含まれていた。これはどういうことなのだろうか。静かに堆積した海の砂浜や海岸をイメージしてきた生徒たちにとって火成岩の登場は、理解しにくいものであった。けれども、N.Aさんも、O.Hくんも、十分筋の通った説明を記述している。

頭がグチャグチャになりながらも、昔の大河を想像し、考えを構築している。授業者としては、岩石を火成岩と川原の石とを、角の丸みや形状で判断してくれれば充分であったのだが、太古の昔を想像し解明しようとする生徒の意気込みには脱帽である。

3-8 生徒が観察するということについて(11・12時間目) ―まとめる生徒たち―「大地の歴史をマンガにしてみよう!」

学習のまとめとして、観察してきた事実と、多くの討論や考えの交流をもとに、自分なりに理解している「大地のつくり」をマンガで表出させた。

自分が住むこの大地は、昔は海であったこと、火山の噴火や大地の大きな動きがあったこと、幾度にもわたる大きな動きがあったことなど、グローバルにおさ



えられている。

4. 「思考」についての考察(生徒のレポートから)

「思考」には「対話」が必要であると前述したが、「大地のつくり」の授業において、生徒らが授業の中で「対話」した記録(レポート)から、考察を試みる。なお、ここで表現される「対話」・「発話」には、スケッチして描かれた絵や、レポートの記述も含まれるものとする。

・3-3における図3のスケッチについて考える

思い思いにスケッチした図(図2)は、図画工作の時間に学んだ風景描写の技法が用いられている。ここに、教師から断層線や白い小石(化石片)のあとなどが、この観察地①の特徴であることを学んだ生徒は、その特長を記録したスケッチ(図3)を描いている。図3のスケッチが、良いスケッチであることを生徒たちに紹介すると、以後のスケッチは、絵画的なものから、理科学的な露頭のスケッチへと変化したのである。このことは、スケッチを通じた生徒と教師との対話から、各生徒へ伝えあった技術の対話として評価できると考える。

・3-4におけるレポートから考える

図4が示す露頭は、画面左から右へ上る坂道である。ところが、スケッチ(図5)からわかるように、白い貝殻片が大量に白い線を描き、左上から右下へと、坂道とは逆向きに傾斜していることを表している。

つまり、上り坂とは反対方向に露頭が傾いている。このことを疑問に思ったS.Cくんは、その理由を「坂のようなところでしずかに積もれば、ななめになると思う」と理由づけている。この考えに反対したのは、マグマの噴出説のN.Aさんと、地震で傾いた説のN.Tさんであった。そこからは、対話による解決は難しいので、教師からペットボトル実験で検証する事を提案される。生徒たちは同意して、露頭のそばにある小石、砂、粘土を回収して、教室で実験を行ったのである。その結果が図8である。傾けたペットボトルに沿って斜めに積もると予想したのだが、結局ペットボトルをどんなに傾けても、机と水平に堆積することがわかったのである。つまり、観察地②は地層ごと、左側に大地が隆起したことで起きた現象であることがわかったのである(N.Tのレポート)。このことから、生徒同士の対話から疑問を焦点化し、さらに仮説を2つ用意した生徒たちの姿がわかる。さらに、教師の助言(発話)を理解し、ペットボトルによる対比実験をおこない、その結果を理由付けて記述できたことは、教師の考えを生徒たちが自分の考えに置き換え、実験結果を導いたことに他ならない。生徒同士の対話に加え、教師との対話、理科学的な結論への導き。この場面でも深い対話が成立していることが伺える。

・3-5におけるレポートから考える

観察地③と観察地④は、谷を挟んで存在する露頭である。かつては同じ大地であったと推論できる。それは、同じ岩相の地層が見られることが根拠である。観察地③から観察地④は離れているので、観察地③をスケッチしたあとに、あらかじめ用意した観察地④の写真を1枚ずつ生徒に配って検討させた。このことから、太古の昔は同じ地層でつながっていた大地が、現在も流れている小川などの流れる水の働きによって、分断されてしまったことを推論させようと教師は考えたのである。その結果、観察地③のレポートで、I.Yさんが、表1に示したように、類似点と相違点から、同じ地層であることを予想している。そうすると、「なぜ、今のように分かれてしまったのか」とC.Tくんが指摘するような問題が生じたのである。C.Tくんは、I.Yさんの考えを受け、現在の小川の流れでは、大地を分断する力(侵食作用)が不足しているので、昔は激流だったことを推論している。多くの生徒がC.Tくんの説に同意する結果となった。

ここでは、教師から投げかけられた、同じ岩相の露頭について考えた対話について考察してみる。教師の意図を表1にあらわして、検討したI.Yさん。それは、他の生徒に自分の考えを明確に示すための表現方法だと考える。「まさか、こんなに離れているのに、つながっていた」とは考えにくい問題を浮き彫りにしたのである。それに呼応してC.Tくんは同意して、分断の理由を激流へと更新したのである。ここでも科学的な対話がなされている。

たとえることができる。

・3-6におけるレポートから考える

観察地④で、教師が予定していた話し合うポイントは、白い小石(破片)は、貝化石の破片であると、結論付ける事である。ところが、現在の海岸線から車で1時間も離れている場所を、かつては海であったと考えることに予想以上に生徒たちは抵抗を示したのである。

つまり、白い小石(破片)を貝の化石とすることは、昔は海だったと認める事であり、それがあまりにも飛躍した考えであるために、N.Hくんのように「魚や海草などの化石」がないことを根拠に、海説を否定したのである。O.Hくんも「車で海岸から1時間も離れている」ことを根拠として海説否定に賛同している。そこで、N.Tさんは「化石が見つからないのは、(海草や魚)はくさってなくなってしまった」と推論し、見つからないのはやむを得ないと反論している。

このように、授業以外から得ている知識(海岸線からの距離や、海草は腐ること、貝がらは固いから残ること)を用いて、現在の対話場面に相応しく、知識を内から引き出し、組み替えて対話をしていることが伺える。この対話をもとに、生徒同士の根拠と根拠がぶつかり合い、科学的に結論付けようと、深い対話が行われていることがわかるのである。

・3-7におけるレポートから考える

前述した、2-3において紹介した、河野(2019)の言葉を再掲する。

私たちが考えるのは、事態がうまく処理できず、これまでストックされていた処理方法が壁にぶつかり、矛盾をきたすとき、デューイの言葉を使えば、「岐路に立たされる」事態に直面したときである。⁽⁷⁾

観察地⑤で教師が用意した問いが、正に「これまでストックしてきた処理方法が壁にぶつかる」問いなのである。生徒たちがストックしてきた知識としては、次のようなことが挙げられる。

- ・砂岩は下流から河口を経て、海に堆積することで形成されること
- ・火成岩は、地下のマグマが噴出して、冷えて固まったものであること
- ・火成岩は冷えて固まると、固くゴツゴツした岩になること
- ・山や上流にある石は、大きくゴツゴツしていること
- ・下流域や海にある石や岩は、流れる水の働きにより、削られて丸みを帯びていること。

そして、今回教師が用意した問いは、「砂岩の中になぜ大きな火成岩があるのだろうか?」である。話し合いのポイントは、砂岩層の中に紛れ込んでいる火成岩(巨石)をどのように理由づけるのかという事である。砂岩は流れる水の働きにより、上流にある岩石が侵食・運搬され、砂粒になった状態で堆積することで形成される。当然、砂粒状に細かく碎かれるためには、上流域から相当な距離を経て下流域に到達し、河口から海へと運搬される必要がある。そのような上流域から遠く離れた砂地に、なぜゴツゴツしたマグマの塊である火成岩が存在しているのかは、最大の疑問なのである。生徒たちにとっても難しい課題であることは疑いの余地はない。

そのような状況の中、N.Aさんは「昔の海だった所で、火山のばくはつがあって、砂浜に大きな岩がまぎれこんだ」と予想している。また、O.Hくんは「海だった時に、大地震や火山のよう岩が飛んできたのだと思う」と同意している。ここでは、海底爆発という言葉は使われていないが、「飛んできた」という言葉に、深い考えが伺えた。それは、転がってきたのであれば、侵食作用をうけるので、角が取れるはずだという暗黙の了解や、内言(推察)が伺えるからである。巨石を飛ばすという、それだけの大噴火を生徒は想像することは難しいことであったと考える。けれども、見事に巨石(火成岩)の存在理由を考え出したのである。そのことは、3-8のマンガにある6コマ目に爆発して巨石が飛んでいることを表現している場面からわかるのである。

ここまでで、各観察地を別々の時代のことと想像する生徒がいても不思議はなかったのだが、生徒たちは大地の歴史をストーリー立てて想像し、8コマのマンガに帰結させているのである。

まとめ

以上のように、授業における生徒の「対話」・「発話」は、考察したように、科学的な考えの交流を生み、自分たちの「大地のつくり」について、その秘密を解明するために繰り広げられたのである。その背景には、一方的な教師からの事実や知識のみを講義するような方法ではなく、露頭観察と対話をセットとして授業を展開し、生徒たちが自ら考え気づいていくようにした「問い」と「教材研究」とその運用があったからにほかならない。

今後は、今回の事例をもとに、他の単元においても同様に、教材研究と対話を用いて、生徒たちの理解を深めていく教材開発をしていきたい。

引用・参考文献

- (1) 永井哲(2019)「『主体的・対話的で深い学び』の実現」ホワイトボードを活用し「思考の可視化」を行った理科の授業実践を通して」,『教育実践研究』第29集, pp.79-84
- (2) 小坂那緒子,熊野善介(2020)「探究の実験教材としてのウミホタルの活用:—ウミホタルの発光と温度の関係—」『理科教育学研究』61(1), pp.83-96
- (3) 谷口元,木村軍司(2020)「子供の科学的思考力をはぐくむ」,『電気学会誌』140(10), pp.656-659
- (4) 中込泰規,加藤圭司(2021)「対話を基軸とした中学校理科の問題解決過程における知識統合の実態」,『理科教育学研究』, 61(3), pp. 467-478
- (5) 谷川多佳子(1995),『デカルト研究 理性の境界と周縁』,岩波書店. pp72-77
- (6) ミハイル・バフチン(1980),『言語と文化の記号論—マルクス主義と言語の哲学(バフチン著作集4)』北岡誠司訳、新時代社、p.251
- (7) 河野哲也(2019),『人は語り続けるとき,考えていない 対話と思考の哲学』. 岩波文庫. p.127
- (8) 河野哲也(2019),『人は語り続けるとき,考えていない 対話と思考の哲学』. 岩波文庫. p.127
- (9) ミハイル・バフチン(1979),『小説の言葉(バフチン著作集5)』.伊東一郎訳、新時代社、p.66
- (10) J.V. ワーチ(2002),『行為としての心』.佐藤公治、田島信元、黒須俊夫、石橋由美、上村佳代子(訳)北大路書房、p.151
- (11) 河野哲也(2019),『人は語り続けるとき,考えていない 対話と思考の哲学』. 岩波文庫. p.68

理科における「思考」―「大地のつくり」の授業をととして―

[Practical Research]

Scientific Thinking in Science Education

Focusing on the lesson of the “Formation and change of land”

Yoshihito Maeda