

地域地質の野外観察授業の実践

—地域地質の教材化—

Practice of field observation lesson of regional geology

- Teaching Materials of the regional geology -

岡本 研* , 森 久大**

Kiwamu OKAMOTO * , Hisao MORI **

* 北海道立教育研究所附属理科教育センター（士別市立博物館特別学芸員）

** 士別市立博物館学芸員

* Hokkaido Education Research Institute, Science Education Center (Shibetsu City Museum special curator)

** Shibetsu City Museum curator

[Abstract] Surrounding the area of Shibetsu City is a region that is in the environment that can be learn about dramatic events of the past through observation of geology. This time, we conducted a field observation lesson in junior high school by using a method called "Mission-style observation method". In Shibetsu City Museum, it has been held continuously geology tour sessions for children and general public. Therefore, in Shibetsu City Museum, a lot of information about local geology are stored. By strengthening the cooperation between the school and the museum of the region, we want to raise interest in the local nature of children. We aimed a lesson that can take advantage of the knowledge that students have learned in the classroom teaching. It was intended to make the students realize a grand sense of scale temporal and spatial of the geology. In this lesson, it was also included developmental learning content. I also propose to specific teaching materials of the regional geology.

はじめに

2013年8月22日～23日の2日間、士別市立博物館は、北海道立教育研究所附属理科教育センターと連携し、「サイエンス・パートナーシップ・プログラム（SPP）」として、士別市立士別南中学校、士別市立多寄中学校の野外地質観察授業を実施した。

SPP事業は、文部科学省所管機関の科学技術振興機構（JST）の事業であり、「児童生徒等の科学技術、理科、数学に対する興味・関心と知的探究心等を育成するとともに、進路意識の醸成及び科学技術人材の育成を目的として、小・中・高等学校等と大学・科学館等との連携により、観察、実験、実習等の体験的・問題解決的な学習活動を実施する際の支援を行う（JST）」ものである。

士別市立博物館が本計画を立案し、当館特別学芸員として地域の地質巡検案内を担当している岡本研（北海道立教育研究所附属理科教育センター）が講師として授業をデザインし、実施した。中学校の理科の授業で学ぶ地質に関する

学習内容を、地域の地層を観察することによって身近な現象として実感させるとともに、地層とプレートテクトニクスとの関連等の発展的な内容も取り入れ、地域のダイナミックな過去のできごとについて考察させる授業を実施した。その際、観察すべき対象物を生徒にイメージさせ、自ら探し出す観察方法（Mission式観察法）を用いた。この授業の実践報告と、当地域の地質に関する教材化の観点で述べる。



Fig. 1 野外観察授業の様子

1 目的

士別市及びその周辺地域には、中生代から現在までの様々な種類の地層や岩石が分布しており、山岳地帯以外でも容易にこれらの多様な地質を観察できる全国的にも希な環境である¹⁾。身近な地質観察を通して、地域の過去に起きたドラマチックな出来事について学ぶことができる恵まれた環境にある地域であり、士別市立博物館ではこれまで一般市民や子どもたちを対象とした、地域の地質見学会を継続的に実施してきた。そのため、士別市立博物館では、地質観察に関する多くの情報が蓄積しており、今回は博物館のノウハウを活用することで、充実した野外観察授業の実施を目指した。

地域の博物館と中学校の連携を強化し、地域地質の野外観察授業を実施することにより、子ども達の地域地質への興味・関心を高め、博物館での学習や個人研究活動などへの発展的な展開や、子ども達の郷土を愛する心の育成に結びつくことが期待される。

近年の日本の理科教育においては、野外での地質観察の意義や重要性が唱えられている。例えば現行の学習指導要領（中学校理科）では、「野外観察については、学校内外の地層を観察する活動とすること」や、「地層とその中の化石を手掛かりとして過去の環境と地質年代を推定すること」と示されており、また、平成24年に実施された「全国学力・学習状況調査中学校理科」の課題分析による指導改善の方向性として、「地層の成り立ちや空間的な広がりをつめるためには、野外観察などを行い、過去の大地の変動を考察したり、地層の重なり方や広がり方の規則性を見いだしたりする活動が有効であり、地域に見られる特徴的な地層などを使って、地層が堆積した当時の環境を推測したり、その地層の観察結果を比較してつながりを考察したりすることなどが考えられる」と示されている²⁾。

このようなことから、今回の野外観察授業を実施するにあたり、これまで授業で学んだ知識を活用できる体験的な観察を目指したほか、地質学独特の壮大な時間的・空間的スケールを実感させることも目的とした。また、通常は学ぶことのない、プレートテクトニクスと地層形成とを関連させた発展的な学習内容も含めることにした。



Fig. 2 観察地の位置（剣淵町桜岡）

2 観察地について

今回の観察地、北海道北部剣淵町桜岡の露頭は当地域を代表する地質観察地であり、明瞭な地層と褶曲や断層が観察される大きな露頭である。当博物館でも、これまで何度も地質観察会の観察地としてきた場所である³⁾。本観察地を選定した理由は、これまで中学校で学んだ学習内容をより発展的に学び、科学的に思考させるために、小学校6年生と中学校1年生で学んだ地層を野外で観察し、地層が具体的にどのような環境で形成されたのかを推定させるための適所であると考えたためである。

観察地1（Fig.3）では、「刈分川層」と呼ばれる海成の砂岩泥岩互層と、多数の断層と褶曲が観察される。砂岩泥岩互層は海溝斜面のタービダイト（混濁流堆積物）*（注）であると推定されており、地層の形成年代は、黒色頁岩中の放射虫化石により、中生代白亜紀後期であるといわれている^{4, 5)}。

観察地2（Fig.4）は、数年前に新しい採石場としてできた露頭である。観察地1と同じ時



Fig. 3 剣淵町桜岡の露頭（観察地1）



Fig. 4 剣淵町桜岡の露頭（観察地2）

代の地層であるが岩相が大きく異なり、ほぼ黒色泥岩のみの地層であり（一部含礫泥岩；後述）、チャートのブロック、黄鉄鉱、方解石などの鉱物が観察される。

士別市や剣淵町を含む「北海道中軸帯」には中生代白亜紀の海洋性の地層が広く分布しており、その代表的な地層は「蝦夷（エゾ）層群」である。今回観察した地層は、エゾ層群分布域の東端ゾーンに分布しており、川村ほか（1999）の「蝦夷東帯」という地質帯に位置する⁶⁾。これらのゾーンは中生代白亜紀にユーラシア大陸東側に存在していたプレート境界付近（海溝周

辺）と推定されており、タービダイト、メラランジュ等、プレート境界ならではの複雑な地質体が観察される。観察地1と観察地2の地層は形成深度が異なる可能性があるが、海溝斜面堆積物と推定される（Fig.5）。

このように、今回の観察地の置かれた背景は非常に複雑であり、中学生に観察させるにはやや難しすぎる面もあったが、今回はテクニクスのテーマについては観察後の解説として、観察した内容とは後でリンクさせる形を取った。

（注）タービダイト

雨の多い地域では年に数回程度の洪水が発生し、その際に発生する土砂を多量に含んだ濁った流れを混濁流（乱泥流）と呼ぶ。これによって一度堆積した粒子も再び巻き上げられ、川から海へ、更に浅い海から深海へと運ばれる。混濁流が堆積した堆積物（地層）をタービダイトと呼ぶ。混濁流は、細粒な粒子ほどゆっくり沈むために、タービダイトは普通下部ほど粗粒、上部ほど細粒になる。タービダイトが海溝を越えて大洋側に堆積することはほとんどない。

※産業技術総合研究所地質調査総合センター（GSJ）Webサイトより

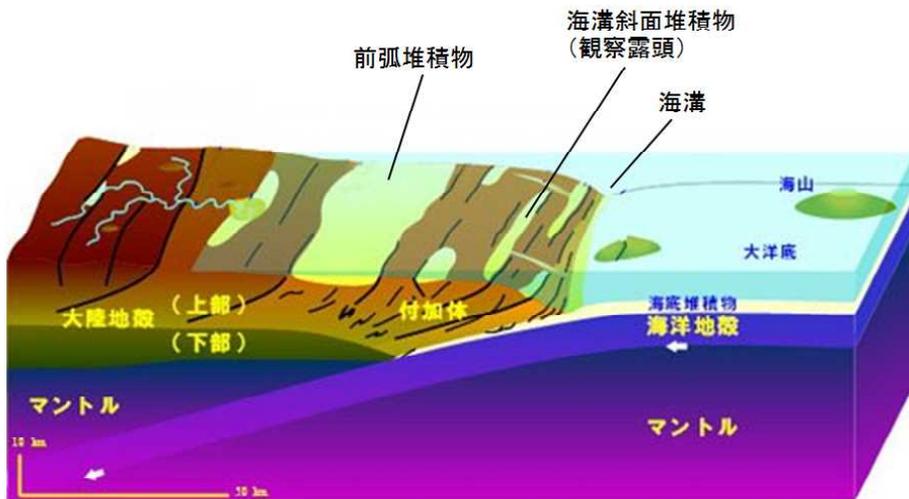


Fig 5 プレート境界付近の地質構造（産業総合技術研究所地質調査総合センターWebサイト⁷⁾より改編）

3 授業内容

本授業では、周辺の地質形成史の事前学習(バス内で解説)を行い、現地での地層観察(露頭で観察対象物を自分たちで探す活動)及び地層堆積のモデル実験(現地でモデル実験の演示)を行った。

-
- ① 8月22日(木) 13:45～15:35
土別南中学校(33名)、多寄中学校(8名)
※合同で実施
 - ② 8月23日(金) 10:45～12:35
土別南中学校(33名)
 - ③ 8月23日(金) 13:45～15:35
土別南中学校(32名)
-

今回の野外観察授業での観察の方法については、単に観察すべきものを指示するのではなく、「“Mission！”○○を探せ！それは○○の証拠だ！」と、探すべきものを具体的に指示し、各自が与えられた情報を元に対象物をイメージ化

して探し、自ら発見させるという方法を取った(Mission：任務、使命などの意)。遊び感覚を取り入れたこのユニークな方法は、筆者の岡本が考案し、土別市立博物館の地質観察会で10年以上継続して実践してきた観察方法である。

岡本・森(2014)は、この観察法を「Mission式観察法」と名付けた⁸⁾。「見る」と「探す」ことは大きく異なり、「探す」ことによって、観察者の興味関心や集中力が高まり、発見の喜びを大きくする効果がある。探す対象物は、過去の歴史を物語る証拠を情報として持っているような素材とし、それを発見することがすなわち過去の出来事を探り当てたことになるというストーリーである。さらに観察の後、「自分は○○を探した。○○を見つけた。」と観察した内容が明確に記憶に残り、主体的な体験により確かな記憶を獲得できる、学習効果という面でも非常に有効な手法である。

以下の1～5の観察は観察地1、6～8は観察地2での活動である。

観察対象物	教材としての意義
1 褶曲	過去の地殻変動のダイナミズム、応力解析
2 砂岩・泥岩	地層を構成する岩石、タービダイトの形成メカニズム
3 断層	過去の地殻変動のダイナミズム、応力解析
4 薄い地層(平行ラミナ)	水中での地層のでき方
5 リップアップクラスト	タービダイトの形成メカニズム
6 生痕化石	地層のでき方、古代の生物の痕跡
7 方解石	鉱物のでき方
8 黄鉄鉱	深海底の還元性環境

(1) 褶曲の観察

-
- 【観点】露頭の褶曲構造を観察する。
 - 【目的】褶曲構造を認識し、そのでき方を考える。過去の地殻変動のダイナミズムを感じる。
 - 【方法】露頭全体を遠方より観察し、地層の全体の構造を認識させる。
-

教科書で扱われている褶曲構造の観察である。褶曲を観察できる露頭は当地域にもいくつかあるが、遠方から全景が観察でき、地層のコントラストが明瞭で褶曲構造が認識しやすい大規模な露頭という条件では、当地域では本露頭が最も適している。

本露頭では、露頭の右側に背斜褶曲が観察されるが(Fig.6)、生徒が褶曲構造を認識しやすいように、「ひらがなの“へ”を探せ！」という指示を出した。さらに、水平に形成されるはずの地層の縞模様が曲がっていることから、どのような応力が地層に働いたのかを考えさせた。おそらく実物の褶曲を生徒はこれまで見たことがなく、褶曲の規模がイメージできない生徒もいたが、先に見つけた生徒が他の生徒に伝えることによって全体での理解に結びついていた。露頭の地層は砂岩層(茶色)と泥岩層(黒色)のコントラストがはっきりしていたことも、褶曲の認識を容易にしていた。

褶曲構造は圧縮応力が働くことと発達し、本露頭も圧縮応力の場であったと考えられるが、生徒



Fig. 6 観察地 1 の背斜褶曲

は手を使って応力を表現しようとする姿が見られ、応力についても十分理解していた。なお、褶曲と断層の学習は、現行学習指導要領で新たに取上げられた題材であり、過去のダイナミックなできごとを科学的に推定させるのに非常に効果的な題材である。

(2) 砂岩と泥岩の見分け方

【観点】地層が何から構成されているかを観察する。

【目的】砂岩と泥岩のちがいを認識する。

【方法】手触りやルーペでの観察によって砂岩と泥岩を見分ける。

生徒は砂岩と泥岩については小学校 6 年生で学んでいるが、教室で与えられた岩石標本ではなく野外で地層として観察させた場合に区別がつけられるかどうかを検証した。

砂岩と泥岩を、露頭の地層や露頭周辺の多数の転石で観察させ (Fig.7), 手触りやルーペでの観察によって砂岩と泥岩で見分けさせたところ、観察した露頭では、砂岩層が明るい茶色であり、泥岩が黒色であったことから、岩石を構成する粒の大きさではなく、岩石の色で見分けてしまうケースが見られた。そこで、粒が確認できるかどうかを見分けるポイントとして伝えたが、露頭の砂岩が細粒であったことから、生徒の「砂」に対するイメージとのずれがあり、さらに具体的に、「砂岩は粒が見え、泥岩は粒が見えない」ことと、「砂岩の方が手触りがザラザラしている」ことから見分けることができると教えたところ、多くの生徒は両者を見分け

ることができた。

国立教育政策研究所 (2013) は、岩石を比較するための観察の視点について、「中学生は岩石の分類に必要な視点をあげることができない」という結果を示した⁹⁾。今回は堆積岩どうしの比較であり、火成岩ではないため、「色」は岩石の分類に必要な視点ではない。生徒は砂と泥の違いは理解しているが、色という他の要素に惑わされて、本質を見失った結果であると考えられる。生徒は課題に対して「見分けること」を最終目的と考えるが、教師は「科学的に見分けること」を最終目的とする。授業では、この両者の考え方の違いを認識しておく必要がある。

本露頭の地層は砂岩泥岩互層であるが、砂岩層と泥岩層が交互に重なっている理由について、海底の斜面を砂と泥が混濁流として流れ落ちて堆積し、粒子が粒度別に分けられて地層が形成されたためであることを理解させるため、その後現地地で地層形成モデル実験の演示実験を行った (後述)。



Fig. 7 砂岩と泥岩の観察

(3) 断層の観察

【観点】断層を認識する。

【目的】応力など、断層のでき方について考察する。過去の地殻変動のダイナミズムを実感する。

【方法】露頭に近づいて断層を探し、変位を調べる。

断層も、褶曲と同じく今回の学習指導要領の改訂から扱われることになった題材であるが、やはり断層を観察するのは今回初めてである生



Fig. 8 断層を探す生徒

徒がほとんどであった。講師が露頭に近づいて、1カ所の断層を例として示して解説してから生徒に断層を探させたが (Fig.8), 予想通り生徒は断層の認識に非常に苦労していた。硬い岩石の岩場というものは基本的に割れ目が多く、同じ割れ目でも、「断層」と、断層以外の割れ目や層理面とを区別することは、実物の断層の観察経験がないと困難であるということがわかった。

また、断層のずれの様子から、正断層か逆断層かを見分けさせて、地層にどのような力が加わったのかを考察させる予定であったが、十分な時間が取れず、また、断層の変位が様々であったことなどにより考察させるのは断念し、生徒の理解は不十分であった。

断層の形成メカニズムについては様々なモデル実験が開発されており^{10, 11)}、これらを野外観察とリンクさせると効果的であると思われ、機会があれば野外観察と組み合わせて実験を実施してみたい。

(4) 平たく割れる「薄い地層」を探す

【観点】一枚の層の中の細かな水平な縞模様 (平行ラミナ) を観察する。

【目的】一枚の層が、さらに薄い層から成ることに気付く。

【方法】平行ラミナを探させ、ルーペで拡大して観察させ、また、転石をハンマーで割り、平板状に割れることを確認する。

泥岩層や細粒の砂岩層を観察させ、地層内部の細かな縞模様 (平行ラミナ) を探させた

(Fig.9)。このような堆積構造は教科書では扱われていないが、地層のつき方と結び付けるのに適した素材であり、今回取りあげた。地層をルーペで拡大して観察させ、縞模様が細かな地層であることに気付かせた。また、縞模様のある転石をハンマーで割り、平板状に割れることを確認させ、縞模様が岩石表面の模様ではなく、海底で泥が水平的な広がりを持って堆積した証拠であることを理解させた。

泥岩や細粒砂岩の地層には、このように内部にラミナ構造が見られることが多いが、目で観察するだけでなく、ハンマーで割る活動を通して、地層の形成メカニズムを実感を伴って理解させることができる。

平行ラミナの見られる堆積岩は、室内に持ち帰り、実習させながら観察させるのに適した素材である。また、川原の礫の中にも細かいラミナが見られるものがあり、小さいながらも実物の“地層”を室内で観察させることができる。断層や褶曲が見られる礫もある^{12, 13)}。



Fig. 9 発見した“薄い地層”

(5) リップアップ・クラストの観察

【観点】泥岩の破片が入っている砂岩 (リップアップ・クラスト) を探す。

【目的】礫岩とは異なることを認識し、下位の地層を巻き込んだ証拠であることや、斜面での流水による堆積物であることを理解する。

【方法】砂岩の転石をハンマーで割るなどして砂岩の中の黒色の泥岩の破片を探す。

露頭の砂岩層の中には、「リップアップクラ

スト (rip-up clast : 以下 RUC)」という堆積構造が見られることがある。RUC とは「引きはがされた砕屑岩」という意味で、地層の中に、下位の未固結の地層の破片(クラスト)が入り込んだもののことである。含まれる破片が礫のように見えることから、別名「偽礫」という。これは、地層が堆積するときに、水の流れとともに砂や泥が流動し、下位にあった地層を削剥して取り込んだものであり、流水堆積を示す証拠となる。

この露頭では、RUC として砂岩層中に泥岩の破片が含まれている (Fig.10)。RUC の存在により、堆積時に強い水の流動の影響があったことがわかり、砂岩層の堆積した場所が海底の斜面だったことが推定できる。

観察では、RUC の発見により、この地層が海底の斜面で堆積したものであることを理解させることを目指したが、生徒は当然 RUC を見たことがなく、なかなか見つけ出すことができなかった。言語によるイメージ化が不十分だと発見することが難しい例であろう。ほとんどの生徒は RUC とは全く異なるものを見つけて持ってきた。その多くは岩石表面の風化による部分変色であり、変色部が表面のみであることを、岩石を割って理解させる必要があった。

また、RUC は性質上砂岩層の下部に多く見つかるとはならず、そのことを認識させるためには露頭の砂岩層から探させるべきであるが、露頭をハンマーで直接たたく行為は危険と考え、転石から探させたため、RUC の持つ意味について十分理解させることができなかった。

本来であれば、RUC の観察は発展的な内容であるが、教科書では学べないものが野外観察では見つかることが多く、自然の中で実物を観

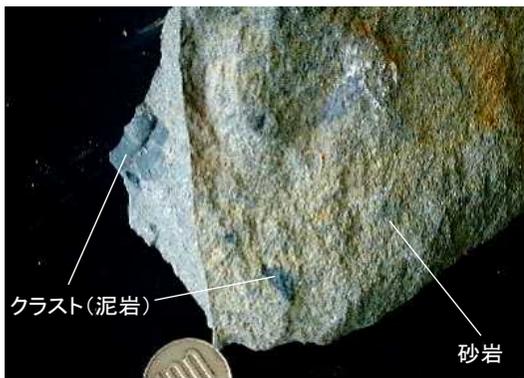


Fig.10 リップアップクラスト (剣淵町桜岡)

察する機会ならではの体験であり、あえて教材として取りあげた。RUC がいかにも専門用語らしい名称であるためか、生徒は興味を示して口にしており、こうした専門用語と接することもひとつの体験活動といえる。

岩石等の地質素材は、その構造等から自然情報を読解して成因を科学的に考察させるのに適したものが多いが^{13, 14, 15)}、RUC もその優れた素材のひとつである。今回は実施できなかったが、次のような考察課題を与えて RUC について科学的に考察させることができる。RUC を現地で採取し、教室に持ち帰ってからじっくりと考察させることにより、野外観察学習の理解を深め、自然情報を読解して科学的思考力を育成するのに効果的と思われる。

【考察課題Q & A】

- Q 1 なぜ地層の中に他の地層の破片(クラスト)が入っているのか。
- A 1 海底で混濁流として砕屑物が移動して、流れによって下位の地層を削り取ったものである。砕屑物が静かに海底に持ち込まれた環境では形成されることはない。
- Q 2 なぜクラストは角張っていたり不規則な形をしているのか。
- A 2 含まれるクラストが、河原の礫のような硬いものではなく、まだ完全には固結していない状態の地層が破壊されたものであることを示している。
- Q 3 なぜ砂岩層の中に泥岩が入っているのか(逆のものがないのはなぜか)。
- A 3 水中での地層形成は、泥岩層が最上位につくられることから、次の洪水(または斜面崩壊)の際の地層形成は必ず泥岩層の上に行われる。

(6) 生痕化石の観察

【観点】生物の痕跡(生痕化石)を探す。

【目的】深海底環境であることや、泥岩が地層の最上部であることを理解する。

【方法】泥岩層の表面の不自然な模様を探させる。



Fig. 11 比布町の生痕化石（士別市立博物館所蔵）

「生痕化石」とは一種の示相化石であり、古代の生物の生活の痕跡が地層に残されたもので、生物の足跡、はい回った跡、巣穴などのことである（Fig.11）。示相化石という語句は教科書でも取り扱われているが、生痕化石は扱われておらず、発展的な内容となる。観察地2の露頭では軟体動物等のはい跡が希に発見されることがあり、「めったに見つからない」と前置きした上で生徒に探させたが、珍しいものという意識からか逆に集中力が高まった生徒もいた。野外での化石観察では、ある化石を対象として探す活動の中で別の種類の化石が見つかることも多く、目的の化石が見つからなくても、観察授業としては効果的である。

「生痕化石は泥岩層の最上部に残されている可能性がある。」と説明し、なぜ泥岩層の最上部に見つかるのか、なぜ砂岩層には生痕化石がないのかを考えさせた。泥岩層の最上部は、地層の最上部であり、次の洪水が発生するまでの間の海底面であることを理解させることを目指したが、肝心の生痕化石が当日は発見できず、強い興味・関心を持って考察させるには至らなかった。

授業での化石の観察というと、貝化石、植物化石、アンモナイト化石などを取りあげることが多いが、生痕化石のように、一見化石とは思えないような地味なものを教材として取りあげて、過去の生物の生活のようすについて想像力を働かせるのも効果的である。また、有孔虫や珪藻などの微化石を、母岩からの分離作業を通して観察させる方法も主体的で探究的な活動となる。

(7) 方解石を探す

【観点】地層から方解石を探す。

【目的】地層中の脈として発達した方解石を観察して、割れ目に入り込んだ水の存在に気付かせる。

【方法】地層の表面や割れ目から白色の鉱物を探させる。ハンマーで岩石を割って鉱物を取り出させ、鉱物の形状を調べる。

方解石は炭酸カルシウムから成る白色（無色）の鉱物であり、多様な形状の美しい鉱物である。方解石は、「大理石」として身近な鉱物でありながら、造岩鉱物ではないため理科の地学領域の授業では方解石に関する学習はしていない。しかし、石灰岩については学ぶため、石灰岩との関連という観点で教材として取りあげた。

観察地2では、地層の中に方解石の脈が発達しており、小さいながらも美しい方解石を採取することができる（Fig.12）。地層の中に含まれていた炭酸カルシウムの成分が水に溶け出し、長い時間をかけて地下で結晶（鉱物）になることを理解させることを目指した。

士別周辺では、上士別～朝日にある「石灰山」が方解石の主要な産地である。石灰山は山全体が石灰岩でできており、地下水や雨水に溶解した炭酸カルシウムが再結晶して、方解石となっている。ここでは犬牙状方解石も発見されており、石井ほか（2004）で報告されている¹⁶⁾。

美しい鉱物には魅力があり、理屈抜きに生徒を惹きつけることができる。生徒は夢中になって方解石を探し、当日最も食いつきのいいMissionであった。地域の野外で宝探しができ



Fig. 12 発見した方解石

るとは思っていなかっただろう。野外観察における鉱物探しの主な役割は、自然の魅力を感じさせることである。これまでの博物館での地質観察でも、このような宝探しの要素を極力入れ込むようにしてきた。

方解石は、複屈折率が高いため方解石を通して見た像が二重に見えるなど、興味深い性質を持っている。また、台所用研磨剤には方解石(大理石)の微粉末が使用されているなど、身近な生活との関連性もある^{17,18)}。野外観察とは別に、方解石は生徒の鉱物に関する興味・関心を高めるのに効果的な教材でもあり、ぜひ活用したい素材である。

(8) 黄鉄鉱を探す

【観点】地層から黄鉄鉱を探す。

【目的】金属(鉄)が、酸素ではなく硫黄と結びついていることから、地層が還元性環境の深海底堆積物であることを理解する。

【方法】岩石の表面や割れ目から金色の鉱物を探させる。ハンマーで岩石を割って鉱物を取り出させる。

黄鉄鉱とは、鉄と硫黄が結びついてできた金色の美しい鉱物である。観察地2では、黒色泥岩の表面に、金色に光る黄鉄鉱がしばしば見つかり、ミネラルハントを楽しむことができる。生徒は金ではないかという期待を持ってしまう鉱物であるが、粒の形が立方体をしており、金ではないことが理解できる。ここでは、「鉄は酸素の多いところでは赤茶色にさびてしまうが、金色の金属光沢を持つということは、酸素がない環境でつくられたものである。」と説明し、黄鉄鉱の存在が深海底の還元性の環境であることを推定するのに役立つことを説明した。また、泥岩が黒色であるのも金属系の不透明な鉱物粒子が多く含まれているためであることも付け加えた。黄鉄鉱は教科書では扱われていないが、中学校理科第一分野(化学領域)において、鉄と硫黄を反応させて硫化鉄をつくる実験が教科書に掲載されており、この実験と関連付けることができる。

泥岩の色が黒い理由を理解させることができる実習として、黄鉄鉱や金属アルミニウムを紙にこすりつけると黒くなることや、それらを水

をつけて紙やすりで削ると黒い水ができることなどがあり、野外で行ってみると効果的な方法である^{17,18)}。

(9) 地層形成モデル実験の演示

【観点】地層形成モデル実験を見る。

【目的】観察した砂岩泥岩互層の縞模様の形成過程を理解する。

【方法】露頭の前で、アクリルパイプに水を入れ、上から砂と小石を混ぜたものを投下する演示実験を行う。

観察した刈分川層に見られるような地層の縞模様がどのようにしてできるのか、砂岩と泥岩が交互に重なっているのはなぜか、これらの疑問を解決するために、現地で長いアクリルパイプに水を入れ、上から砂と小石を混ぜたものを投下して模擬的に地層を作成する演示実験を行った(Fig.13)。水中では、先に重い粒子が早く沈降して堆積し、その上に軽い粒子がゆっくりと堆積するため、粒度ごとに分かれた層が形成され、その結果縞模様ができる。このモデル実験自体は教科書でも扱われているものであるが、現地で実験を行い、目の前の地層と同じものがつくられていく様子を見ることで、過去の海底での出来事をイメージすることができる。モデル実験は、現象の理解とともに、イメージを与えることも重要な役割である。

前述の通り、刈分川層はタービダイトであると考えられており、大陸棚斜面において発生した混濁流が海底谷を下り、深海底に堆積し形成された地層である。大規模な混濁流の発生原因



Fig. 13 現地での地層形成モデル実験

は、地震に伴う海底地すべりや津波、海底火山噴火などのイベントと考えられている。このようなことから、観察地1の露頭の地層観察により、過去の大イベントの産物であることを理解させることができる。

4 含礫泥岩の観察

今回の授業において、観察地2の露頭で以前は観察されなかった“含礫泥岩”が発見された。本露頭は採石場であり、新たな採石作業により露頭が拡大したためである。含礫泥岩は、Fig.14のように、黒色泥岩の中にチャートや砂岩などの大小様々な角礫が含まれていた。

含礫泥岩とは、文字通り泥岩を基質として礫を含む岩石（地層）であるが、通常、砕屑物の堆積様式では、同じ地層の中にエネルギー状態の大きく異なる泥と礫が混在することは希である。その成因としては、例えば土石流のように強い流れの中での形成や、泥層の上方からの崩落物の落下や、泥ダイヤピルの形成など、様々な特殊な成因がある。

このように、含礫泥岩の成因についてはあまりにも発展的な内容であるため、今回の授業での全体説明は避けたが、含礫泥岩の構造を不思議に思って質問してきた生徒がいたため、プレート境界の巨大地震と関連させて説明したところ、非常に興味を持って聞いていた。「巨大地震の痕跡を観察する」ことができるという意味では、発展的ではあっても学ぶ意義があり、全体説明として取り上げるべきものであった。専門家が実施する授業は一般教員の授業とは異なり、ときには飛躍的な内容も期待されており、通常の授業とのつながりを説明できるものであ



Fig. 14 含礫泥岩

れば、発展的な内容を取りあげることに大きな意義がある。

含礫泥岩を教材として、発展的な内容の学習として、次のような課題を高校生や大学生に与えて考察させることにより、過去に起きたできごとについて探究することができるのではないだろうか。

【考察課題Q&A】

- Q 1 泥岩の中に礫が不規則に含まれているのはなぜだろう。
- A 1 ①泥の上に礫が落ちてきた。②泥と礫が一体となって堆積した。③硬い地層等を泥が突き破った（ダイヤピル、水圧破碎）。 など
- Q 2 含まれている礫が角張っているのはなぜだろう。
- A 2 河川の礫が丸い形をしていることは小学校5年生で学習している。角張っているということは、割れてすぐに堆積したということである。
- Q 3 含まれている礫がいろいろな大きさなのはなぜだろう。
- A 3 河川性の礫岩も礫のサイズがバラバラであることがあるが、ある程度は流水によって淘汰されている。本露頭の礫はミリサイズから数mサイズまで、全く無秩序である。これは、礫の運搬が流水によるものではないことを示している。
- Q 4 黒色の泥の地層に縞模様がないのはなぜだろう。
- A 4 周辺には平行ラミナが発達する黒色頁岩層が観察できるが、角礫を含む泥岩にはラミナが観察されない。①もともと整層していた泥岩が乱されたか、②無秩序に堆積したか。
- Q 5 礫の中に黒い泥が入り込んでいるのはなぜだろう。
- A 5 礫は硬く、泥は軟らかいものであると考え、硬い礫に泥が入り込むのは通常の堆積パターンではありえない。堆積場が深海底であると考え、超高压の水圧によって礫の割れ目に泥が入り込んだことなどが考えられる。

このように、考察を深めていくほど、ますます疑問が深くなっていく課題であるが、こうした状況こそが野外観察からの科学的考察の醍醐味であるともいえる。自然の中には、見たこともないような事物・事象がいくらかでもあり、それらとの遭遇（認識）により生徒達が「わからない」と言いだした瞬間が、学習から研究への意識の転換期である。将来このような研究課題に取り組んでみたいという意識が芽生え、主体的に思考することへの足がかりとなることが期待される。

5 過去に博物館で実施したMission式観察法

前述の通り、Mission 式観察法については、士別市立博物館の一般市民向けの地質観察講座で継続して実施してきた方法である。地学を専門に学んでいない人達にとって、岩石・鉱物・地層等はどれも同じような“石ころ”に過ぎないものであるが、実はそれらが多くの情報を持ち、過去に起こった壮大なスケールの出来事を我々に伝えてくれるメッセンジャーであることを知ってもらいたいという思いがあった^{13,14)}。そこで、わかりやすい表現で市民に過去の出来事を実感を持って理解していただき、驚きを持って理解してもらうために、通常の観察方法とは異なる方法を考え出した。そして、参加者



Fig.15 Mission! 銅鉱石を探せ(下川鉱山跡)

が発見したものについては「お土産」として家庭に持ち帰ってもらうことによって、「こんなものを見つけたよ」、「これは珍しいものらしいよ」、「昔こんなことがあった証拠らしいよ」という話を家庭に持ち込んでもらい、体験を拡大してもらいたいという願いもあった。

「探して発見する」これは、筆者自身も幼少時から経験してきた、野外活動の中で最も喜びを感じる場面に他ならない。Mission 式観察法はそうした背景から生まれてきたものである。

以下に、これまで士別市立博物館で実施してきたMission 式観察法の内容を以下の表に示す。

観 察 地	Mission (対象物)	地 層 等	時 代	対象物の意味 (証拠)
士別市温根別の採石場	アンモナイト化石を探せ	エゾ層群	中生代	暖かな浅い海的环境
士別市温根別の採石場	植物化石や石炭を探せ	エゾ層群	中生代	陸地が近い浅い海
士別市温根別の採石場	砂岩と泥岩を見分けろ	エゾ層群	中生代	地層の向き
士別市温根別の採石場	断層と褶曲を探せ	エゾ層群	中生代	過去の地殻変動
士別市温根別の採石場	オニオンクラックを探せ	エゾ層群	中生代	雨水による岩石の風化
士別市温根別南八線川	だんだん石(層状分化岩)を探せ	幌加内オイオイト	中生代	地殻とマンツルの境界
士別市温根別南八線川	かんらん岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	マンツル物質
士別市温根別南八線川	変はんい岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	地殻深部の変成作用
士別市温根別五線川	角閃岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	地殻深部の変成作用
士別市温根別五線川	蛇紋岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	マンツル物質の変化
士別市温根別五線川	かんらん岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	マンツル物質
士別市温根別マムシ沢	リヒター閃石岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	地下深部での変成作用
士別市温根別マムシ沢	蛇紋岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	マンツル物質の変化
士別市温根別マムシ沢	かんらん岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	マンツル物質
士別市温根別マムシ沢	角閃岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	地殻深部の変成作用
士別市温根別第二マムシ沢	かんらん岩を探せ	幌加内オイオイト	中生代	マンツル物質
士別市温根別ダム	だんだん石(層状分化岩)を探せ	幌加内オイオイト	中生代	地殻とマンツルの境界
士別市朝日八線	貝化石を探せ	似峽層	新生代	浅い海 (地球温暖化)
士別市朝日北線	貝化石を探せ	似峽層	新生代	浅い海 (地球温暖化)
士別市朝日岩尾内ダム	閃緑岩ペグマタイトを探せ	日高火成岩	新生代	地下の火成活動
士別市朝日岩尾内ダム	はんれい岩を探せ	日高火成岩	新生代	地下の火成活動
士別市朝日岩尾内ダム	トロクタイトを探せ	日高火成岩	新生代	地下の火成活動
士別市朝日ボンテシオ川	水晶を探せ	美深層	新生代	過去の温泉の作用
士別市上土別の天塩川	水晶を探せ	美深層	新生代	過去の温泉の作用

士別市上土別の石灰山	方解石を探せ	日高累層群	中生代	過去のサンゴ礁の変化
士別市上土別の石灰山	サンゴの化石を探せ	日高累層群	中生代	過去のサンゴ礁
士別市上土別の採石場	ホルンフェルスを探せ	日高累層群	中生代	付加体堆積物と熱変成
士別市南土別奥淵川	植物化石を探せ	美深層	新生代	河川と湖沼
士別市天塩川の河原	チャートを探せ	日高累層群	中生代	深海底の軟泥(マリンスノー)
和寒町福原	異剥石斑礫岩を探せ	幌加内オゾイト	中生代	上部マントルの部分熔融
和寒町福原	蛇紋岩を割れ	幌加内オゾイト	中生代	マントル物質の変化
和寒町福原	磁石に付く蛇紋岩を探せ	幌加内オゾイト	中生代	磁鉄鉱
剣淵町桜岡の採石場	黄鉄鉱を探せ	刈分川層	中生代	還元性環境
下川町落合沢下川鉱山	銅鉄石を探せ	日高累層群	中生代	深海底のブラックスモーカー
下川町名寄川	蛋白石を探せ	下川層	新生代	過去の温泉の作用
下川町名寄川	珪化木を探せ	下川層	新生代	過去の温泉の作用, 森林

表 1 博物館の地質観察会で実施した“Mission”

6 アンケート結果より

授業実施後に、生徒を対象とした次のようなアンケート調査を実施した。

- Q 1 授業は楽しかったですか？ (84%)
 Q 2 授業を受けて、地層や岩石に興味がありましたか？ (80%)
 Q 3 授業を受けて、地層や岩石についてもっと調べてみたいと思いましたか？ (61%)
 Q 4 授業を受けて、士別周辺の過去の歴史に興味がありましたか？ (57%)
 Q 5 褶曲がどのようにしてできるのかが、わかりましたか？ (74%)
 Q 6 断層がどのようにしてできるのかが、わかりましたか？ (86%)
 Q 7 実験で、地層の縞模様がどのようにしてできるのかが、わかりましたか？ (89%)

※ () 内の数値は肯定的意見の割合

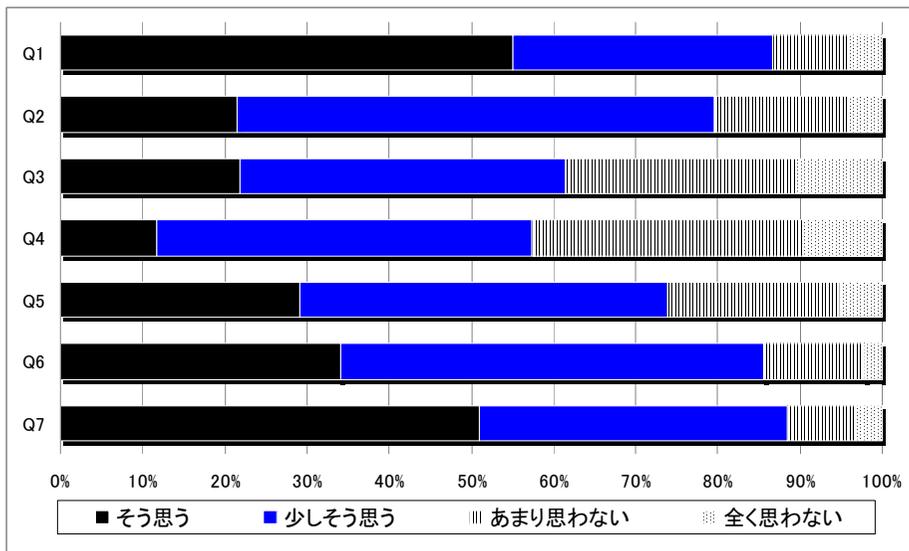


Fig. 16 生徒アンケート結果

アンケートの結果より、4つの質問項目で肯定的意見が80%を超え、全体としては高評価であった (Fig.16)。「Q 1 授業は楽しかった」や「Q 2 地層や岩石に興味があったか」に対

する評価が高かったことは、普段体験できない野外観察が、生徒の興味・関心を高めるのに効果的であったものと考えられる。

ややハイレベルな要求である質問の、「Q 3

もっと調べてみたいと思ったか」と「Q 4 地域の歴史への興味」に対する回答が比較的低いスコアとなったが、今回はそこまで意識を高めるには時間的に不十分であったと考えられる。しかし、それでも肯定的な意見は6割近くを占めている。今回は通常の理科の授業との接続をテーマとして、基礎的な内容も含めて実施したが、もう少し驚きを与えるような内容を多く取りあげて授業を組み立てることも可能である。その場合は、Q 3、Q 4のスコアも上がるものと思われる。

肯定的意見が最も多かったのは、モデル実験を受けての「Q 7 地層のでき方の理解」であり、現地でモデル実験を演示したことが理解を深めた結果であろう。自由記述でも多くの高評価が見られるが、16名の生徒が「体験」、「経験」という言葉を記述していた。このことは、Mission 式の観察によって、単に「見た、学んだ」ということではなく、生徒達にとって本授業が体験的な学習であったと受け止められた結果だと考えられる。

【自由記述より】

- すごくきれいなものを見つけたりして楽しかった。石を割ったりするのとても楽しかった。はじめての経験だった。
- キラキラした石がたくさんあった。また探したいと思えた。今日の授業は楽しかったです。
- 2時間なのにあつという間で、とても楽しかった。今まで、あまり興味がわかなかつたけど、この時間を通して少し興味がわいたし、もっと調べてみたいと思いました。
- 士別がこんなに石の種類が多いとは知らなかった 説明も分かりやすく、楽しくできた。
- いろんな石があって楽しかった。また来たいし、理科が好きになった。
- こんな経験は普段できないと思うのでいい経験になりました。
- 地層のつくりや形がわかった。断層がどのようになっているかもわかって良かった。この授業を生かしていきたいです！
- またやってほしいなと思いました。士別周辺の過去が知れて良かった。
- 教科書でしか砂岩、泥岩を見たことがなかったので、今日見てみて勉強になりました。
- 岩石を見つけるという事がわくわくして楽しかった。将来はこの関係の仕事につきたいと思った。
- 断層の事などがまったく興味はなかったけど、今日の授業で色々なことがわかったのでよかったです。
- ミッションの岩石を少し取れてよかったし、岩石にもだいぶ興味がわいてきた。

- 岩を割ることや、山みたいなやつに登ることなど、あまり経験できないことが経験できてうれしかったです。楽しく授業を受けることが出来ました。
- ちょっとむずかしかったかな…と思いました。他の人が見つけたのを見られて、いい経験になりました。
- ここは1億年前は海だったっていうのはとてもびっくりした。中学校の砂利も1億年前ののだと思うと不思議だった。
- 地層を削って、石を採掘する作業は初めてだったけど、とても楽しかった。こういう経験はなかなか無いので、大切な思い出にしたいです。

7 おわりに

今回の実践により、士別市立博物館の地質観察会でこれまで積み重ねてきた実践を地域の中学校の理科の授業として活用し、多くの生徒から高い評価を得ることができた。生徒達は、与えられた“Mission”に真剣に取り組んでおり、授業の目的は概ね達成できたものと考えている。また、一般市民向けの野外観察の方法として考案した Mission 式観察法の理科の授業での活用についても、十分な効果を確認することができた。

士別市周辺には、授業で活用できる露頭や、学術的に価値ある研究対象の露頭等、数多くの活用すべき地質的な資源がある。士別市立博物館では、これらの財産を活用した地質巡検会を今後も継続的に実施していく予定であるが、機会があれば今回のように学校での野外観察授業も実施したいと考えている。

地域の博物館と、学校と市民をリンクした教育活動を行う事は、地域の人材や資源の活用という意味で非常に重要である。中でも士別市周辺域においては、地質的な資源は地域全体の宝物ともいえる貴重な財産であり、一般市民や子どもたちにその価値を認知させていく必要がある。特に士別市は、「生涯学習を核としたまちづくり」を進めており、そのためにも自然科学、人文科学、社会科学等の生涯学習を通して市民の文化的素養を高める継続的な活動が必要である。今後もより多くの実践を重ね、士別市民や周辺地域の住民の自然科学への興味・関心を高めていくとともに、地域地質の教材化について具体的に提案を進め、学校教育でも活用できるようにしていきたい。

参考文献

- 1) 岡本研・平松和彦：「天塩川上流域の地質」，士別市立博物館報告第 17 号，1999
- 2) 国立教育政策研究所：「平成 24 年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書」，2012
- 3) 岡本研：「Web サイト士別の地質」，http://www.geocities.jp/geo_shibetsu/
- 4) 道北地方地学懇話会：「道北の自然を歩く」，北海道大学図書刊行会，1995
- 5) 加藤幸弘・岩田圭示：「北海道北部，剣淵東方，東和地域に分布する”日高累層群”の再検討」，総研 A 報告書，北海道中軸帯に分布する日高累層群の再検討，1988
- 6) 川村信人・植田勇人・鳴島 勤：「前弧海盆堆積物中の不整合とスランプ体ー中部蝦夷層群基底部の層位学的現象ー」，日本地質学会，地質学論集，52，pp37-52，1999
- 7) 産業技術総合研究所地質調査センター：日本列島の地質と構造 <https://www.gsj.jp/geology/geomap/formation/index.html>
- 8) 岡本研・森久大：「探して発見する野外観察授業～“Mission 式観察法”による授業～」，北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 26 号，2014
- 9) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：「理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【中学校】」，pp133-135，2013
- 10) 岡本義雄：「ココアと小麦粉で断層をつくらう！」，日本地震学会広報紙「なみふる」，13，1999
- 11) 宮古昌・岡本研：「岩石破壊により地震の発生メカニズムを探究する～簡易型一軸圧縮試験装置作製の工夫～」，北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 21 号，2009
- 12) 岡本研：「学習意欲を高める体験的な地学の教材・学習プログラムの開発」，北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 22 号，2010
- 13) 岡本研：「石の声を聞こう」，北海道立理科教育センター発行物，2009
- 14) 岡本研：「探究活動を通して地質素材の自然情報を読解する学習プログラム」，北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 21 号，2009
- 15) 岡本研：「科学的思考力を育成する岩石学
- 習」，日本理科教育学会，第 63 回全国大会論文集，2013
- 16) 石井彰洋・岡本研・水田一彦：「士別市上士別産出の犬牙状方解石」，士別市立博物館報告第 22 号，2004
- 17) 岡本研：「実験書 石って面白い」，北海道立理科教育センター発行物，2007
- 18) 岡本研：「『石って面白い』の実践」，北海道立理科教育センター研究紀要第 20 号，2008

[要旨] 士別市周辺地域は，地質観察を通して過去に起きたドラマチックな出来事について学ぶことができる環境にある。今回は，“Mission 式観察法”を用いて，中学校の野外観察授業を行った。当博物館では，子どもたちや一般市民のために継続的に地質見学会を開催してきた。そのため，当博物館には地域地質に関する多くの情報が蓄積されている。学校や地域の博物館の間の協力体制を強化し，子どもたちの地域の自然への関心を高めるため，生徒が今まで教室での授業で学んだ知識を活用できる授業を目指した。また，生徒が地質学独特の，壮大な時間的・空間的スケール感を実感させることもねらいとし，発展的な内容の学習も含めた。この地域の地質の教材化についても具体的に提案する。