

平成16年度（第48回）
岩手県教育研究発表会発表資料

理科

時間・空間概念を育成する高等学校地学の学習展開
に関する研究
—胆沢扇状地で見られる出店断層の教材化を中心に—
(第2報)

研究協力校

協和学院水沢第一高等学校

研究協力員

盛岡市立高等学校 教諭 千葉 弘一

平成17年2月9日
岩手県立総合教育センター
科学産業教育室
茂庭隆彦

目 次

I	はじめに	1
II	授業実践の対象とした胆沢扇状地の地学的自然	1
1	出店断層	1
(1)	出店撓曲	1
(2)	出店断層露頭	1
(3)	出店撓曲露頭	2
2	過去の地震動跡の大露頭	3
(1)	小断層と変位	3
(2)	「噴砂」跡を示す碎屑岩脈（砂脈）	4
(3)	大規模な「噴砂」または「地割れ」跡	4
3	火山灰	6
4	河岸段丘	7
III	授業実践	7
1	実践の対象	7
2	学習展開	7
(1)	学習指導計画	7
(2)	学習指導案	7
3	露頭の選定	7
(1)	野外観察に適した露頭	7
(2)	過去の地震跡を示す碎屑岩脈露頭	7
(3)	鍵層を追跡できる火山灰露頭	8
4	教材化	8
(1)	開発した教材セット	8
(2)	ワークシート	9
5	授業実践結果と分析	12
(1)	野外観察（1・2校時）	12
(2)	野外観察データと露頭試料の活用（3校時）	14
(3)	露頭観察では得られないデータの活用（4校時）	15
(4)	授業の感想	16
(5)	時間・空間概念の育成に関する考察	16
IV	おわりに	18
	謝辞	19
	引用文献・参考文献・参考Webページ	19

I はじめに

昭和30年代、高等学校地学の性格が論議され「地学は時間・空間の科学教育を行う科目である」という共通理解に達した(恩藤, 1991)。以降、地学教育では、時間概念・空間概念を養うことが主な目標であるとされてきている。現高等学校学習指導要領解説理科編・理数編の「地学Ⅰ」及び「地学Ⅱ」の性格として、地球と宇宙に関する事象の探究においては、「時間的・空間的スケールを正しく把握しつつそれらの要因を分析するとともに総合的に考察すること」と記されており、時間・空間概念の育成が重視されている。このように高等学校地学においては、思考の枠組みとなる時間・空間概念の育成が大きな目標であり、課題とされてきた。

この研究は、平成15年度から平成16年度にわたる2年次研究である。第1年次は時間・空間概念を育成する地学の先行研究に関する文献研究を行い、学習の進め方についての基本構想を立案した。さらに、胆沢扇状地で見られる出店断層付近の地質調査及び学習素材の収集を行った。その結果、時間概念形成の前提には空間概念の形成が必要であり、時間概念は空間概念の変化として捉えることができることが明らかとなった。つまり、空間概念を育成する方策は、時間概念育成の方策を示すことになる。そして、空間概念を育成するためには、学習者を野外で教育的機能を有している地学的空間の中に置く必要がある(恩藤, 1991)ことが明らかとなった。その際、事前に地学的空間の枠組みを与えないこと、地図化が空間概念育成に効果があり同時に概念育成の検証に役立つことなどの重要な点も明らかになった。学習の進め方においては情緒的な実感、体験的な実感、思考的な実感を伴う段階的な学習展開(茂庭・照井, 1999)が有効であることを示した。

本年度は、胆沢扇状地で見られる出店断層付近の地質調査を基に教材開発を行うとともに、授業実践による学習展開の有効性についての検討を行い、時間・空間概念を育成する地学の学習展開を明らかにすることが目的である。

II 授業実践の対象とした胆沢扇状地の地学的自然

1 出店断層

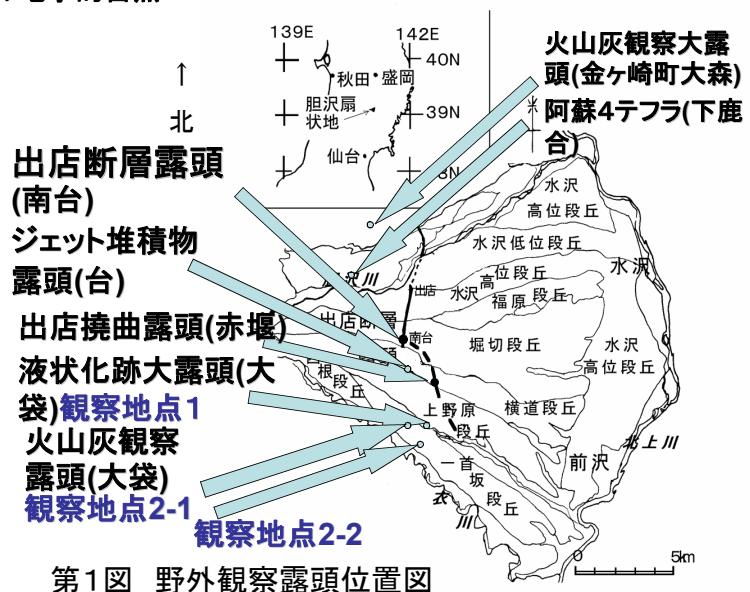
(1) 出店撓曲

胆沢町出店から胆沢扇状地を南北に西側が隆起している地形(撓曲崖)が明瞭に確認できる。胆沢町出店付近では撓曲を挟んで両側の高低差は数10cmから1m、山の神では7m、南台では最大10mに及ぶ。

(2) 出店断層露頭

撓曲の南端に近い胆沢町南台の町道を横切る配水管工事現場切り通し露頭にて、出店断層の本体を確認したことは昨年既に報告している(茂庭・照井, 2004)。現在は観察できない貴重なデータであり、以下に概要を述べる。

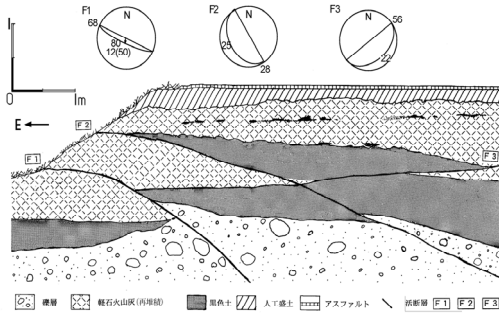
地質は下位から、礫層、黒色土、軽石火山灰(再堆積)で構成される。層理面の走向・傾斜はN68W10Nで水平に近い。礫層は主に安山岩・黒色頁岩・凝灰岩からなる亜円礫の粗中礫や大礫で



第1図 野外観察露頭位置図

ある。基質は淡黄色シルト状の風化した火山灰である。黒色土は腐植層で垂炭や植物片を多く含む。上位の再堆積した軽石火山灰には数cmから最大15cm大の発泡のよい軽石が多く含まれる。

活断層は3条認められる（第2図のF1・F2・F3）。撓曲崖の直下で見られ、断層は黒色土を切り地面まで達する。F1の断層面の走向・傾斜はN68W80Sで条線の走向はS12Wでプランジが50°の方位に観察される。垂直変位量は45cmと計測できる。F2とF3は、F2を主要断層とする共役断層である。F2の断層面の走向・傾斜は、N28W25Sで条線は計測できなかった。垂直変位量は65cmである。F3の断層面は走向・傾斜がN56E22Sで条線は計測できなかった。



断層活動様式は、F1は条線の向きと黒色土のずれとから右横ずれを伴った逆断層と判断される。プランジと垂直変位量から実変位量は60cmと求められる。F2のセンスはF1と同じであること及びF3と共役な関係であることから、野外で逆断層と判断した。F2が縦ずれ成分のみの逆断層とすると実変位量は154cmと計算される。

断層の切り合い関係からF2・F3はF1より前に活動している。F1による最新活動とF2・F3によるそれ以前の活動との、2度の古地震イベントを確認できる。

実変位量から出店断層が引き起こした地震規模を求める。松田(1975)により変位量から地震規模(マグニチュード)を算出する式が示されている。内陸部については次の式で求められる。

$$\log D = 0.6M - 4.0$$

(D : 変位量 (m), M : マグニチュード)

この式に実変位量 (1.54m, 0.60m) を代入して算出すると、地震を起こした順に、 $M=7.0$ (最新の1回前), $M=6.3$ (最新) と求められる。ただし、F2は横ずれも伴っている可能性の方が大きく、その場合は最新活動の1回前の地震のマグニチュードは7.0を超える。

年代測定等を行っていないので正確な活動時期については不明である。黒色土は通常1万年以降の堆積物と考えられている。断層は地面の部分まで延びているので、かなり新しいと見られる。過去に胆沢扇状地に近い北上低地帯西縁で起きた地震は、1671年に花巻付近を震源とする震度5の揺れを伴った地震(宇佐見, 1997)のみでこの地域の報告は皆無である。したがって、最新の活動は350年前から数千年前の間と推定される。

(3) 出店撓曲露頭

出店撓曲は胆沢町出店を通り南台まで続く。その後不明瞭になり、南東に向きを変え胆沢町駒込付近まで続く。この部分で出店撓曲の露頭を発見した。



第3図 赤堰における出店撓曲露頭

露頭は胆沢町赤堰の圃場整備排水溝工事現場である(第3図)。この露頭で見られる最下部には白雲母を多量に含む細礫の礫層(層厚70cm以上)がある。上部では礫は垂角礫の安山岩や

花崗岩から構成され最大径50cmである。その上位には不明瞭な境界で石英を伴った数mmから最大3cmの軽石を含む粘土化した軽石凝灰岩（層厚50cm）が載る。青灰色であるが風化すると褐色を呈する。その上位に層厚10～45cmで黒色土（黒ボク土）が整合に重なる。

礫層・軽石凝灰岩・黒ボク土は同一の変形作用を受け、すべて南西側が最大70cm高くなっている。見かけ上正断層のように見えるが、断層面はない。直下の逆断層が活動した結果、地層全体が撓んだものと見られる。写真露頭対面には同様の撓曲が観察され、撓曲軸が延びている方向を観察できた。その結果、撓曲軸の方向はN13Wと測定できた。

写真の盛り土の後方、写真上部に見られる田の右側（東側）のあぜ道には、比高70cmの撓曲崖が地形的に明確に確認できる。この値は露頭で観察した黒色土のずれの値と一致する。

なお、本露頭とあぜ道の撓曲崖は圃場整備によって埋められるなどして現在観察できない。

2 過去の地震動跡の大露頭

出店断層が途切れる胆沢町南台から南に3.5km（駒込の撓曲から西に1.8km）の胆沢町大袋で地震跡の露頭が現れた。ただし、断層を観察すると上部の新しい地層を切っていないこと、活断層特有の変位の累積による地形的変形がないことから現在は活動していない断層によって引き起こされた過去の地震跡と結論づけられる。

大きな地震が起きると、断層に沿って地面が食い違ったり、近くに地割れが起きたり、地滑りが発生したりする。さらに、断層に近い柔らかくて砂が多い地盤の弱い場所では地震動により砂礫が液体のようになる「液状化」が発生する。「液状化」した水と砂礫は水圧が上昇しており、圧力の低い方向へ移動しはじめ「流動化」を引き起こす。地下水は砂礫と一緒に最も低圧な地上めがけて流出する場合が多い。これが「噴砂」である。本露頭では「液状化・流動化（現象）」、「噴砂」の地震跡を観察できる。

本地震跡と出店断層との関係は現時点では確かめられないが、胆沢扇状地と出店断層の発達史を考察する上で極めて重要である。

(1) 小断層と変位

堆積岩に見られる堆積構造の一種である縞模様を葉理（ラミナ）という。葉理は堆積当時の堆積面（海底など）を示し、一つの面が連続的に広がっていたことを表している。写真では互いに平行な葉理や波のような模様の堆積構造（コンボルート葉理）が所々で切断されているのが見られる。つまり、地層の不連続面である断層を観察できる。



第4図 小断層

一つの露頭内でその動きがわかる程度の断層を小断層という。断層のずれを変位といい、もともと空間の同じ点が断層面上でどれだけ変位したのかを求めたものが真の変位（実変位量）である。写真には10数本の小断層があり、小断層を挟んで地層のずれを明確に読み取ることができる。この地層のずれ（見かけの変位）と断層運動の痕跡である断層面上のひっかき傷（条線という）を観察して真の変位量と断層の動きを決定する。写真中央を上から下まで切る断層

は走向・傾斜がN22E80E，条線の走向・傾斜が68SE(80)である。条線の向きから，実変位量が15cm，東側落ちの正断層であることが決定できる。

(2) 「噴砂」跡を示す碎屑岩脈（砂脈）

水平に近い凝灰質の地層（堆積岩）を切り，垂直方向に伸びる砂の脈が観察できる。このような形態を示すものを岩脈と呼び，ほとんどが火山活動によるマグマの貫入で生成した火成岩で構成されている。しかし，この岩脈は堆積岩（碎屑岩）から構成されている碎屑岩脈（碎屑性岩脈）である。碎屑岩脈は過去の地震動による「噴砂」の跡である。しかも，この現象は気象庁の震度6弱から7までの人が立ってられないような激しい地震動でないと起きない。当時の胆沢町が猛烈な揺れに見舞われたことの証拠になる。砂脈は上部で水平方向に曲がりさらに上部の（左の垂直な）砂礫層に切られているので，この大地震の発生は砂礫層堆積前ということになる。ただし，下位のどの地層が液状化したのかは特定できていない。



第5図 碎屑岩脈（砂脈）

砂脈をよく観察すると，少なくとも2つの構造に分けることができる。岩脈の厚さは37cmである。幅26cmの中心部には流れの跡が斜交葉理として明瞭に観察される。その両側の砂脈の周囲には一方が幅3cm，片方が幅7cmほどの固結した粘土が観察される。

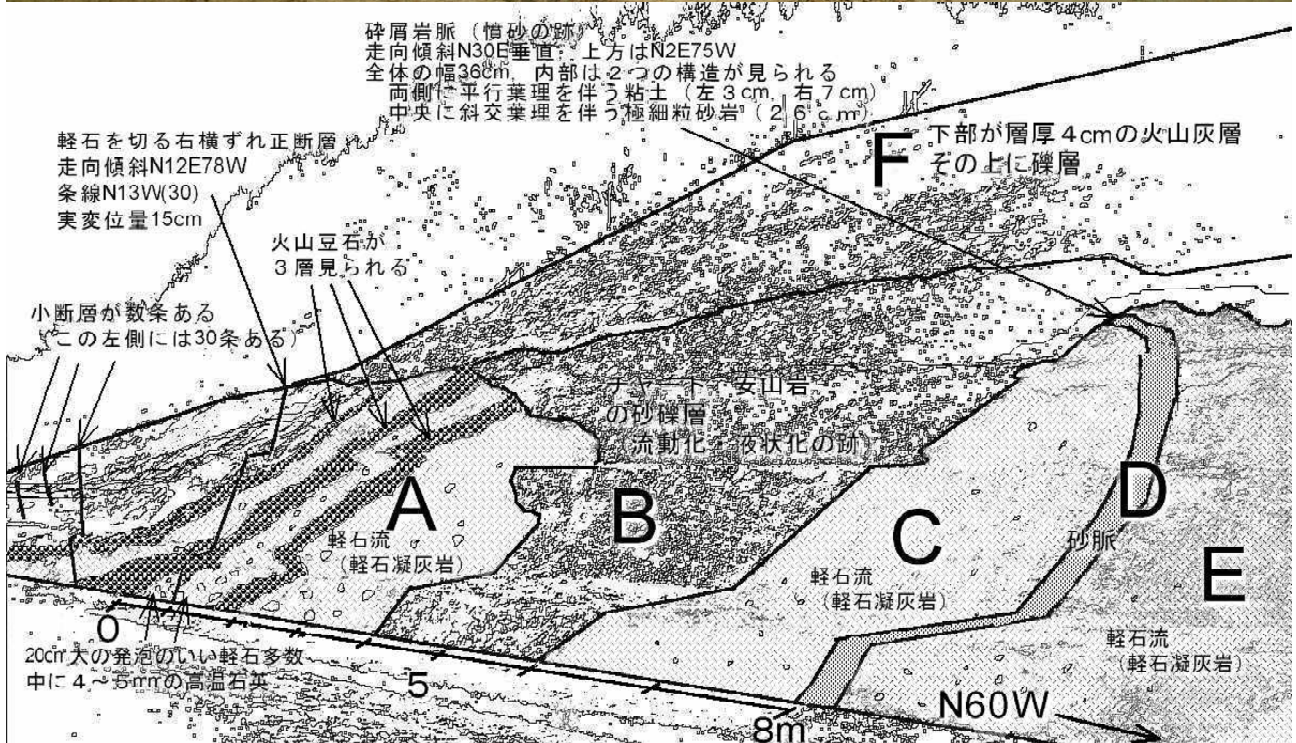
このことは，砂脈が少なくとも2度の出来事を経て形成されたことを示す。固結した粘土は，断層粘土だと見られる。最初の地震により断層（割れ目）ができ，断層粘土が形成された。次の地震によりその割れ目が拡大して，噴砂は以前に活動した断層面に沿って上昇してきたものと考えられる。

(3) 大規模な「噴砂」または「地割れ」跡

中央に幅2～5mの北北東から南南西にのびた垂直な砂礫層（第6図B）が見られる。砂礫層には長径方向が鉛直方向に向いた平均3cm，最大15cmの礫が多数含まれており，上下方向の水の流れを連想させる。この砂礫層は上位の礫を含む砂岩層に覆われている。左（東）側の地層は，下位から軽石凝灰岩層（150cm+），火山豆石層（20cm），軽石凝灰岩層（40cm），火山豆石層（20cm），軽石凝灰岩層（40cm），凝灰質細粒砂岩層（10cm），火山豆石層（20cm），細粒砂とシルトの互層（380cm）からなる。小断層が発達していて，一部の逆断層を除きほとんどが正断層である。これらの地層は垂直な砂礫層から離れたところ（東側）では水平に近いが，垂直な砂礫層に向かってどんどん傾きが大きくなり最大30°の東傾斜を示す。つまり西側に向かって隆起した構造を持つ。砂礫層を挟んで右（西）側では左側と同じ地層が西傾斜からほぼ水平になり続けている。この部分には第5図で紹介した砂脈がある。

垂直な砂礫層の東，傾斜が急激に変化する3m前の地点の水平な層には横ずれの卓越した共役な逆断層が見られ，当時東西の圧縮力がはたらいていたことがわかる。そして，隆起に伴い上に凸状にたわんだ部分には正断層が発達しており，引張りの力がはたらいたことがわかる。

第6図の写真から外れる右8mの場所に砂礫からなる幅が最大1.5mに及ぶ大規模な碎屑岩脈がある。ただし，垂直方向では第6図Bの砂礫層より2m低い位置までしか達していない。10



第6図 教材化した露頭カラー写真並びに露頭スケッチ及び解説（胆沢町大袋における大規模な「噴砂」または「地割れ」跡）

cm以上の礫を含むことから、地震動の大きさ、噴砂の勢いとすさまじさが想像できる。液状化した地層を粘土質の堆積物が覆っている場合に「噴砂」は起きやすくなる。粘土層がちょうど圧力鍋の「ふた」の役目をして、液状化した地層の圧力が高まり一挙に噴出すると考えられるからである。露頭を観察すると上部に平行葉理を伴ったシルトと砂の互層があり、この条件がはたらいたのだろうと考えられる。

以上の観察結果から、垂直な砂礫層は、この付近で起きた強い地震動により生じた噴砂また

は地割れの可能性が大きい。ただし、供給された礫の同定が不十分なこと、規模が今までに報告されている調査例と比較して最大級のものであることなどから更に検討を加える必要がある。

3 火山灰

火山灰は、下位から永栄火山灰、一首坂火山灰、前沢火山灰、黒沢尻火山灰に区分される。これらの層順が一つの露頭で見られる場所はほとんどない。一首坂より上位の火山灰は金ヶ崎町大森と胆沢町上萩森の露頭で見られる。これら火山灰層序は段丘区分と密接に関連している（大上・吉田，1984）。大歩段丘は永栄火山灰層以上の火山灰に覆われ、一首坂段丘は一首坂火山灰層以上の、



第7図 火山灰層序（金ヶ崎町大森）

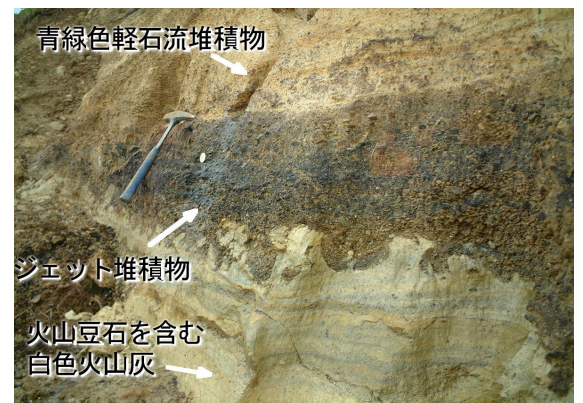
西根段丘は前沢火山灰層以上の火山灰に覆われる。胆沢段丘の高位の上野原・横道・堀切段丘上には、前沢火山灰層の上部を構成する風化した細粒火山灰が重なり、高位ほど厚層となる。福原段丘上には整合的に黒沢尻火山灰層が重なる。火山灰層序から北方に分布する村崎野段丘は低位の福原段丘にのみ対比される。

黒沢尻火山灰の山形軽石の下位に阿蘇4テフラ（町田ほか，1985）が観察される。橙褐色ガラス質火山灰で、およそ8.5万年前から9万年前までの一時期に、九州の阿蘇カルデラから噴出した（町田・新井，2003）。パッチ状に連続することが多いが、胆沢町下鹿合（位置は第1図参照）においては層厚4cmの連続層を確認している（第8図）。9万年前には、この辺り一帯が阿蘇カルデラから噴出した火山灰によって、一面灰白色になったと想像できる。



第8図 阿蘇4テフラ（胆沢町下鹿合）

今回、大規模圃場整備によって段丘礫より下位の古い火山灰が多数見出された。しかし、過去の研究成果は皆無で、今のところ地層の対比ができない。胆沢町台（位置は第1図参照）では、火砕流堆積物の最下層をなすジェット堆積物が観察できる（第9図）。火砕流の頭部では、空気を多量に取り込み激しい流動化とともに熱膨張を起こし、火砕物がジェットとして前面から投げ出される。軽石礫に富み火山シルトを欠くジェット堆積物である。下位の火山豆石を含む白色火山灰を削り込んで堆積している様子が観察できる。上位には、火砕流の本体である青緑色の軽石流堆積物が重なる。堆積当時は、動植物が全滅するような激しい火砕流堆積物が胆沢扇状地を覆ったと想像される。同じ露頭には、ジェット堆積物を抜いてシルトの碎屑岩脈が見られるなど、地質学的に重要な地層や構造があり今後さらなる調査研究が期待される。



第9図 ジェット堆積物（胆沢町台）

4 河岸段丘

胆沢扇状地を南北に延びる広域農道を自動車に乗って胆沢川（北）から南に移動すると、不連続に高くなっていく階段状の地形を体感することができる。胆沢川によって形成されたと考えられる段丘地形である。広域農道沿いでは最高位の一首坂段丘を除いた低位の水沢段丘から上野原段丘まで6段の段丘面を容易に観察することができる。

Ⅲ 授業実践

1 実践の対象

協和学院水沢第一高等学校 普通科文理系列3年地学選択者の6名

2 学習展開

(1) 学習指導計画

第1時・第2時（2004年12月2日午後連続2時間で実施） 野外観察

第3時（2004年12月8日2校時実施） 実験室にて野外観察学習のまとめ（野外観察データと露頭から得られた試料を活用し考察させる）

第4時（2004年12月9日5校時実施） 教室にて本研究のまとめ（露頭の観察だけでは得られないデータを学習に活用し考察させる）

(2) 学習指導案

ア 第1時と第2時 野外観察

観察の視点と留意事項を記したワークシートを基に地層を観察，指示している項目に従い気付いたことを記載・スケッチ，更に特徴的な試料は採取させる

イ 第3時 野外観察データと露頭から得られた試料を活用し考察させる

持ち込んだ試料を実験を通して分析（火山灰の粒度分析，火山豆石の断面観察），野外観察と実験データに基づいて，気付いたことを述べ合い考察を深め，得られる結論についてまとめさせる

ウ 第4時 露頭の観察だけでは得られないデータを学習に活用し考察させる

離れた地域の火山灰露頭写真等を見せ前日までの観察の視点に基づいた空間概念（思想的な実感）の検証，現在は見ることのできない貴重な露頭写真や地質調査から得られた知見を紹介，胆沢扇状地の成り立ちについて考察させる

3 露頭の選定

(1) 野外観察に適した露頭

地質学者にとってよい露頭とは，1つの露頭で，その地域全体の層序や地質構造が一目でわかるような露頭をいう。しかし，初心者である学習者にとっては大きな情報量が負担になり必ずしも野外観察に適した露頭とはならない場合もある。学習者がその露頭に身を置いたときに学ぼうとしていることを，自然に教育してくれる露頭こそが観察に適している露頭といえる。

今回，時間・空間概念を育成するために大きく2つの露頭を選定した。

なお，露頭は短命であることを強く感じた。2年間の地質調査の結果，前もって選定候補にしていた露頭の2カ所が削られたり，植物のために表面が観察できなくなったりしていた。授業実践の直前に現地で候補地を絞った。

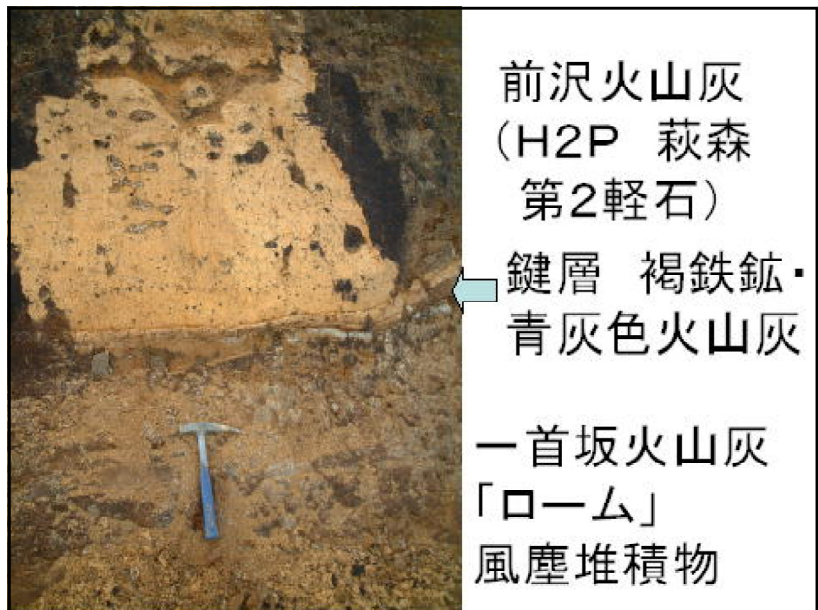
(2) 過去の地震跡を示す砕屑岩脈露頭

第5図，第6図に述べた露頭である。非常に複雑な構造であり，一見したのではその構造を

つかむことはかなり難しい。そのため、教科書的な解釈はほとんど通用しない。生徒自身の観察が非常に重要になる露頭である。さらに岩脈は空間概念の形成に非常に有効であり、地層面や岩体の境界面を掘り起こす作業に向いていると考えこの露頭を選定した。

(3) 鍵層を追跡できる火山灰露頭

火山灰の観察露頭としてこの地域に分布する火山灰層序の大部分を見ることができる第7図の露頭を予定していた。移動に要する時間が掛かり過ぎること、生徒にとっては地質学的情報量が多過ぎることの2点の理由で観察地点を変更した。観察させた露頭は(2)の露頭の垂直距離で40m、水平距離で380mの地点にある。前沢火山灰の最下部と一首坂火山灰の最上部が観察できる。前沢火山灰の下部



第10図 鍵層を追跡できる火山灰露頭 (胆沢町大袋)

には、風化すると肌色からオレンジ色を呈する萩森第2軽石 (H2P) が見られ、その最下部には黒い褐鉄鉱がありその下の数cmの青灰色の火山灰とセットで見られる (第10図)。鍵層として非常に重要である。生徒にとって確認しやすく、観察したときの印象が強いと考え、この露頭を含め3つの露頭を観察させた。最初の2つは同じ切り通しの場所で30mほど離れているが、左の崖と右の崖の間が谷状に削られ、一度地層が途切れている (第16図)。適度な距離で観察した地層を確認でき、連続性を確かめるには絶好の位置関係である。そこから750m離れて最後に観察させた露頭がある。隣同士の露頭で確認した地層と離れた場所との地層を対比させることによって連続性や地層の分布を推定し、空間概念の育成に有効となると判断し選定した。

4 教材化

(1) 開発した教材セット

教材化に当たっては、事前に現地において詳細な地質調査を行った。観察場所の選定、観察試料の選定と採取などを行い、次の4つからなる教材を作製した。

- ① 生徒用ワークシート (生徒・教師配布)
- ② 露頭カラー写真 (生徒・教師配布)
- ③ 教師用指導資料 (教師配布)
- ④ 露頭スケッチ及び解説 (教師配布)

生徒用ワークシートは、基本構想に基づいた学習展開に沿って生徒にその時間の授業目標を達成するねらいで、観察・調査の視点を明確に示したものである。設問に示された観察データや方法、手順に沿って考察させる形式である。事例は第11図～第13図に示す。露頭カラー写真は、生徒にとっては野外観察終了後の授業で野外観察のまとめや観察の応用として用いる。教師用指導資料とは、生徒用ワークシートに解説を書き入れたもので、露頭写真、スケッチをひとまとめにしたもの (第6図) である。露頭スケッチ及び解説は、地学専門以外の教師にとっても

観察地点 1 胆沢町大袋圃場整備切り通し露頭（氏名 _____）

- 1 授業者が観察範囲を指示する。全体を眺めて色・硬さ・粒の大きさ等の違いから、どこまで同じでどこから変わっているのかを探ってみなさい。物質や状態が急に変わる境界は、どのようになっているかも調べなさい。
- 2 近づいて地層面（あるいは岩体の境界面）を露出させ、その面をよく観察しなさい。
- 3 近づいて構成粒子を手にとり、直に観察しなさい。
- 4 今までの観察を基に全体のスケッチを描きなさい。気が付いたことは言葉でスケッチ上に記しなさい（以下、スケッチや図を描く場合は、必要に応じて言葉で説明を加えなさい）。
- 5 授業者が指示した岩体の部分を観察し、内部の構造がわかるようにスケッチを描きなさい。
- 6 5の岩体の形を想像して岩体のみ立体的に描きなさい。この岩体とその周りの地層ではどちらが先に来たのかを答え、理由を図に付記しなさい。
- 7 地層・岩体のできた順番に○数字（①～）で4のスケッチに書き入れなさい。

4 全体スケッチ	枠スペースは省略	
5 岩体スケッチ	6 岩体立体像	

第11図 野外観察学習に使用したワークシート1（過去の地震跡を示す碎屑岩脈露頭）

観察地点 2-1 胆沢町大袋高位段丘切り通し露頭 1（氏名 _____）
（観察地点 1 の380m南西）

最初に、向かって左の崖、次に右の崖を観察する。

- 1 授業者が観察範囲を指示する。全体を眺めて色・硬さ・粒の大きさ等の違いから、どこまで同じでどこから変わっているのかを探ってみなさい。物質や状態が急に変わる境界は、どのようになっているかも調べなさい。特徴があり特に目立つ層を見つけ出しなさい。
- 2 近づいて地層面（あるいは岩体の境界面）を露出させ、その面をよく観察しなさい。
- 3 近づいて構成粒子を手にとり、直に観察しなさい。
- 4 今までの観察を基に全体のスケッチを描きなさい。気が付いたことは言葉でスケッチ上に記しなさい。

左の崖のスケッチ	左の崖と比較した右の崖の特徴
----------	----------------

観察地点 2-2 胆沢町大袋高位段丘切り通し露頭 2
（観察地点 2-1 の750m東）

- 1 授業者が観察範囲を指示する。特徴があり特に目立つ層を見つけ出しなさい。
- 2 露頭1の観察結果と比較して、気付いたことを図・言葉で表しなさい。
- 3 2つの露頭の間を考えた、目立つ層のできた当時の様子ができるような断面図（地下の部分も表す）を想像して描きなさい。なお、露頭1と2の位置を必ず図に書き込みなさい。

2 気付いたこと	3 目立つ層のできた当時の想像した、露頭の間を表現する断面図
----------	--------------------------------

第12図 野外観察学習にしようしたワークシート2（鍵層を追跡できる火山灰露頭）

活用しやすいように、わかりやすさを優先に作製した指導するためのマニュアルである。野外観察学習の際に、教師が予め確かめることができ本露頭に関して自信を持って生徒に指導できるねらいで作製した。

(2) ワークシート

ア 野外観察学習に使用したワークシート

空間概念の育成をするためには、学習者を野外で教育的機能を有する地学的空間におく必要がある。教材開発に当たっては、昨年の研究成果に基づき、特に①事前に観察地域に関する地学的空間の枠組み・概念を与えないこと、②観察対象は予め選定しておき観察の視点の指示を明確に行うこと、③観察結果の整理では、空間把握に関する内容は地図化を行わせる

ことの3点に留意してワークシートを作製した。

選定した露頭に関して教材化したワークシートを第11図及び第12図に示す。なお、これ以外にも野外観察のワークシートは作製したが、時間的な関係から研究協力校での授業実践は行わなかったため、資料は割愛する。

地学ノート「胆沢扇状地に見られる地学的自然の観察」

水沢第一高等学校3年1組 番氏名

【考察 1】図は諸君が観察した胆沢町大袋における圃場整備切り直し露頭である。野外では色・硬さ・粒の大きさ等の物質や状態が変わる境界を探り、その境界面（地層面）を露出させ観察した。観察事実を基に次の順番でこれらがどのようにできたのかを考えてみよう。

- (1) 下の枠に観察したスケッチ（コピー）を貼り付けよ。
- (2) Aで採取してきたものを指示された方法で観察してみよう。

- (3) A～Fの観察した結果を基に、①A～Fそれぞれ気付いたこと、②A～Fで似ているところはあるか、どこ似ているか（その理由）、③A～Fそれぞれについて水の働きでできたのか、火山の働きでできたのか（その理由）を話し合ってみよう。

【考察 2】下にはDの部分の拡大写真を掲載している。この部分の野外でのスケッチを右側に貼り付けよ。（写真省略）

- (1) Dを観察して気付いたことを話し合ってみよう。また、Dのでき方に関して周囲の地層を観察して気付いたことがあったら付け加えよ。
- (2) 露頭で想像したDの立体像も考慮して、話し合った結果を基にDはいったいどのようにしてできたかを想像してみよう。

【考察 3】A～Fができた順番について推理してみよう。

以下の例を参考に矢印で表そう。

G・H→I→J GとHが一緒にできて、その後Iができ、Jは最後にできた

【考察 4】図は諸君が観察した胆沢町大袋高位段丘における切り直し露頭1（観察地点2-1）の拡大図（本文第8図の図を省略）である。

- (1) 野外でスケッチ、メモした特徴を貼り付けよ。
- (2) 下の図で特徴があり特に目立つ層の位置を右から矢印で書き入れよ。色・硬さ・粒の大きさに区分したそれぞれの層を観察して気付いたことを話し合い、右側の余白に書き込もう。
- (3) 左右の崖を観察して気付いたことを話し合いまとめよ。

【考察 5】諸君が観察した胆沢町大袋高位段丘における切り直し露頭2（観察地点2-2）について考えてみよう。

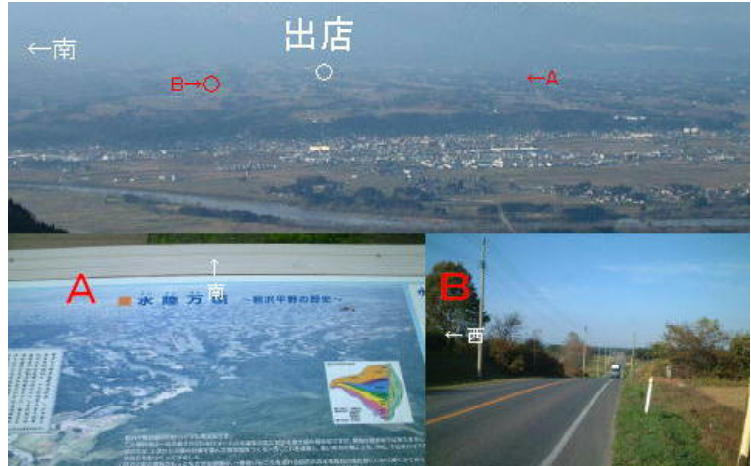


- (1) 野外で露頭1と比較して気付いたことの図、説明を貼り付けよ。
- (2) 露頭1と露頭2の崖を比較し、観察して気付いたことを話し合いまとめよ。

- (3) 次の図は胆沢町大袋から北北西に12km離れた金ヶ崎町大森における崖の写真である。露頭1・2で見られた目立つ層はどれか探してみよう。ほかに気がついたことを話し合おう。（A4版写真が全員に配布される）

【考察 6】南北に延びた広域農道を自動車で縦断すると、進行方向に直角に階段状になった地形を観察できる。

- (1) 階段は何段あるか
- (2) 以下の資料でその位置を調べてみよう。
 - ① ランドサット写真
 - ② 航空写真
 - ③ 地形図
 - ④ 立体地形図



(3) なぜこのような地形ができたのかを考えてみよう。

【考察 7】南北に延びた出店から南台までの町道を自動車で縦断する。階段状になった地形を観察できるが、その方向が道路と平行していることに気が付く。しかも、南に向かうと西側の比高が大きくなっていく。

- (1) 以下の資料で地形変化とその位置を調べてみよう。
 - ① ランドサット写真
 - ② 航空写真
 - ③ 地形図
 - ④ 立体地形図



(2) この町道沿いの北から南までの地形の変化を立体的に描け。図には東西南北を記すこと。

枠スペース省略

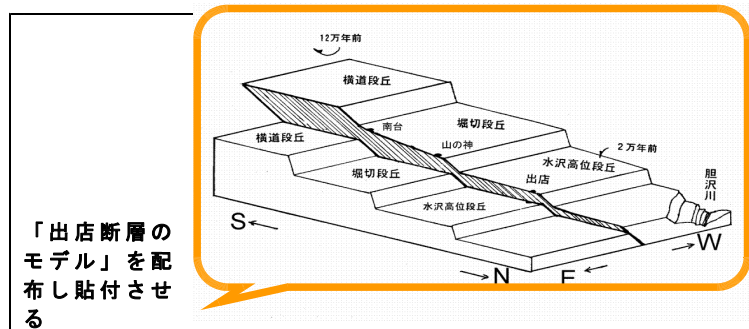


(3) なぜこのような地形ができたのかを考えてみよう。

【考察 8】地形の変化を南に追っていったところ、胆沢町南台の町道を横切る配水管工事現場切り通しで露頭が観察できた。写真とスケッチを示す。

(本文第2図「出店断層露頭写真、スケッチ」を省略)

- (1) 図のF1・F2・F3は何か。
- (2) 観察事実を基に出店から南台の地下ではどのようなことが起こっていたらう。想像してみよう。
- (3) 資料を読んでこの地形に隠された謎を解いてみよう。



図貼り付け欄

まとめ

みんなで今回の観察を基にどんなことがわかったか話し合ってみよう

感想

イ 野外観察後の授業で使用したワークシート

野外観察学習のまとめをするねらいで作製した。教室においても、野外観察データに基づいた考察を行わせるように配慮し、最初に野外でのスケッチを中心とした観察結果をワークシートに貼り付けさせた。また、採取した火山灰や火山豆石などの露頭試料を活用して、粒度分析等を行わせるなど体験的な実感を重視した。

授業実践のまとめとして今回の露頭観察では得られない地質学的データを活用した。ランドサット衛星写真、航空写真、立体地形図を使って、地形を空間的に捉えさせるよう工夫した。補助資料として火山灰露頭、活断層露頭などのA4版露頭カラー写真を配り、同時にプロジェクターで示すなどして、実物と関連付けるようにした。思考的な実感を重視して出店断層のモデルに関しては安易に示さず、生徒自身に徹底して考えさせた後に提示した。

野外観察後の授業で使用したワークシートを第13図に示す。実際のワークシートでは書き込めるような十分なスペースを確保している。この資料ではスペースを詰めて紹介している。

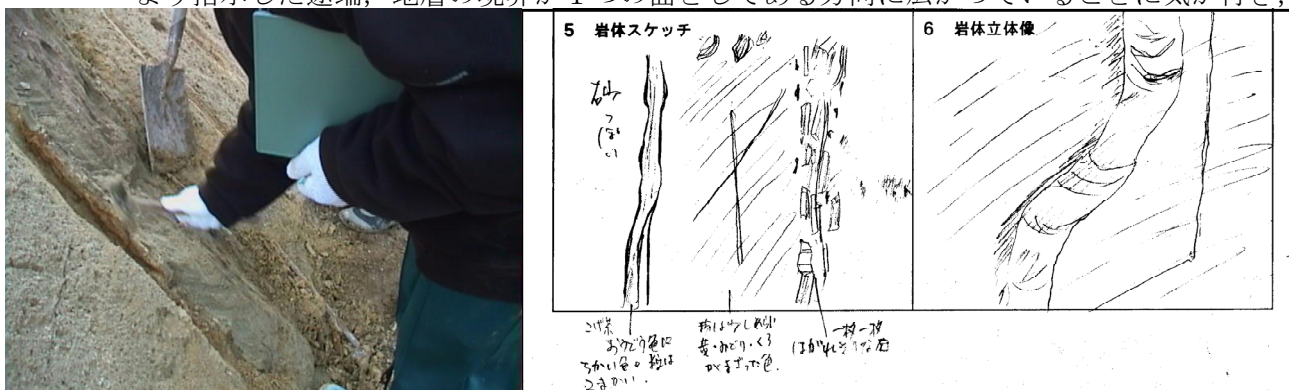
5 授業実践結果と分析

(1) 野外観察（1・2校時）

地学の野外観察学習は、地学的空間の中に学習者がいて、空間の一部の観察結果から全体を把握するという状況下にある。空間の一部のどこを観察するか、つまり観察の視点の与え方が極めて重要になる。そこで、地層や岩体の観察に当たり、それらを構成しているものがどこまで同じでどこから変わっているのかを探り、物質や状態が急に変わる境界は、どのようになっているかを調べるよう指示した。

ア 過去の地震跡を示す砕屑岩脈露頭（観察地点1）

観察地点1の露頭では、地層の境界を観察するよう指示したが、生徒にとって初めての地層面の観察であることから、観察の視点を捉えるまで時間を要した。授業者が面を掘り出すよう指示した途端、地層の境界が1つの面としてある方向に広がっていることに気が付き、



第14図 砕屑岩脈の境界面を掘り出す生徒の写真並びに砕屑岩脈のスケッチ及び立体像

地層の走向の概念を形成することができた。地層の走向の概念を砕屑岩脈に発展させるため、スコップやハンマーを使い、生徒に境界面を掘り出させた（第14図）。ただし、観察に際しては成因に関係する砕屑岩脈という語は一切使わず、生徒には岩体という表現で提示した。露頭での会話の分析から、生徒は砕屑岩脈の硬さを体験的に実感するとともに、地図化の分析から砕屑岩脈を立体的に想像することが6人ともできていた。1人の例を第14図に示す。面を掘り出すという行為が、空間概念形成にとって予想以上に有効であることが明らかになった。

この露頭の左側には断層が見られる。面の連続性を追うよう指示したにもかかわらず、連

続性が途切れる断層には1人も気が付かなかった。ただし、断層の近傍で、女子のグループは、「ヤギのフンみたいなもの」を発見した。名前や、成因などには一切触れないで、採取するよう指示した(第15図)。採取したものは火山豆石であり、教室での試料分析に活用できると考えた。

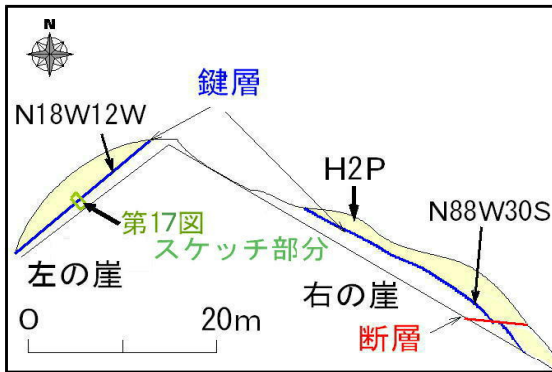


第15図 火山豆石を採取

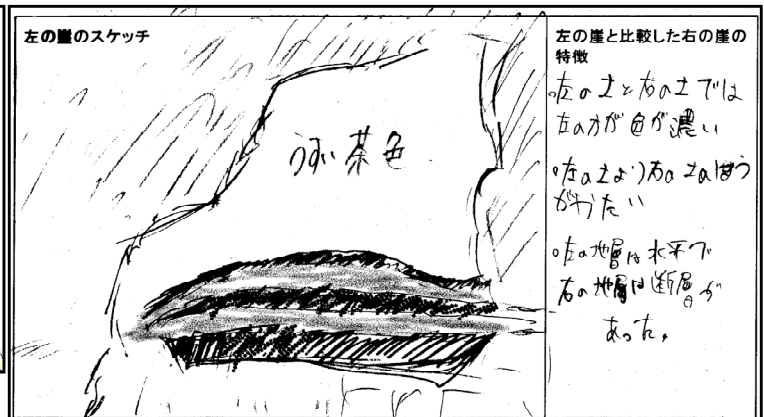
イ 鍵層を追跡できる火山灰露頭(観察地点2)

観察地点2-1の露頭では、特徴的な層(火山灰であるため鍵層となる)を見つけ、面としての広がりを持たせるために観察地点1と同様の指示をした。この露頭は、表面が風化していて地層の様子が見えにくい。観察前日に左の崖の一部の露頭面を削り(第10図参照)、新鮮な面を露出しておいた。生徒には必ず露頭面を削り取って観察するよう指示を追加した。谷状に露頭が途切れるが、すぐに確認できる距離に右の崖がある(第16図)。右の崖は、現状のまま手を加えていない。左の崖の観察結果を右の崖に応用して、発見的に観察させるよう努めた。

生徒は左の崖の表面を削った露頭面で、すぐに特徴的な層の地層面を掘り出し、水平に延



第16図 観察地点2-1露頭展開図



第17図 生徒が描いた鍵層のスケッチ及び左右の崖の比較

びていることを確認した。生徒のスケッチで中央に配置して描かれているのが新鮮な露頭面である(第17図)。スケッチが終了した生徒に「右の崖にも同じ地層があるかどうか確認せよ」と指示した。生徒は水平に延びているということは、標高が同じ離れた右隣の崖にもあるという予想を立てて、表面を削り取った。生徒は薄い茶色の萩森第2軽石とその直下の青灰色火山灰・黒色の褐鉄鉱層を見つけ、地層が左の崖から右の崖に延びていることを確認し、鍵層の連続性を追うことができた。

右の崖の前で、地層面がどうなっているのかを質問した。生徒は面を掘り出して水平ではなく傾斜していることに気が付いた。地層面は、右に行くに従って低く傾斜している。その延長上がどうなっているのかという疑問を抱き、露頭に集まった6人はお互いの意見を話し合った。崖を削り、新鮮な露頭を観察し、地層面を掘り出すことになった。地層面は途中で切れて断続的に続くことがわかった。途切れたのはなぜかと尋ねたところ、いくつかの回答があった。生徒の1人が断層ではないかと声を上げたので、断層ならその面はどの



第18図 生徒による断層の発見

ように延びているのかという質問をした。すると、生徒は鍵層の分布と途切れ方を注意深く観察して、両手で断層の延びている方向を示した。このようにして、生徒が断層を発見したのである（第18図）。

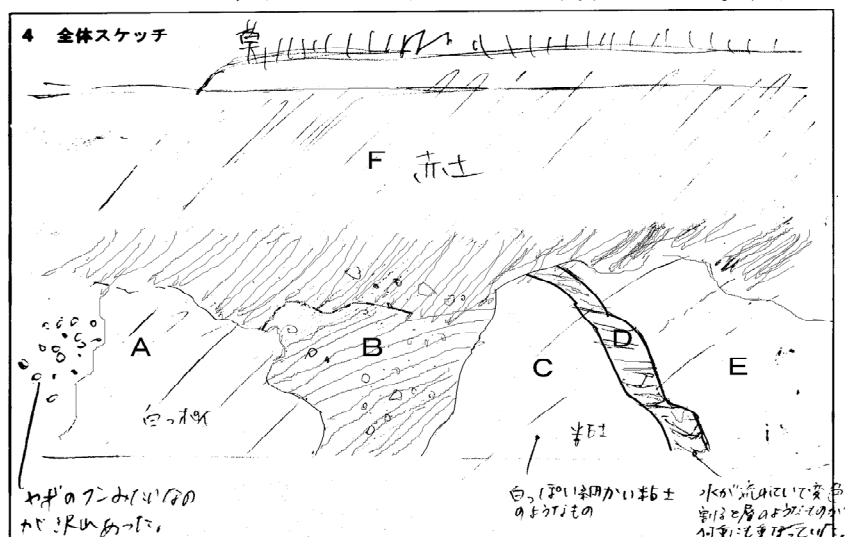
授業者が学習指導案のとおりに進めようと途中で観察を打ち切ったのなら断層の発見はあり得なかった。なぜなら、この断層は地質調査の経験者にとっても気づきにくいと判断し、指示した観察領域内にあったものの、スケッチの対象としては教材に取り上げていなかったのである。予定観察時間を大幅に超過しようが、生徒の動きを察知し状況に応じたきめ細かい対応で生徒に観察時間を十分保証する必要性を改めて痛感した。

観察地点2-2では、鍵層の連続性を確認させ、火山灰が面として分布していることをねらって観察させた。生徒は、全員が2-1で見出した鍵層の存在を確認することができた。地層面を掘り出し水平になっていることを確かめている。連続の概念は形成されたと見なされる。

しかし、地図化の段階までは至っていない。鍵層ができた当時の様子がわかるような断面図を描かせようとした。離れた露頭1と2の位置に降下して同時に堆積する火山灰層を想像する図を描かせ、分布の広がり意識させるねらいであった。しかし、「地震（2名）」

「火山（2名）」「川（2名）」と6名全員が成因に関する回答をした。火山灰が堆積した図を2名が描いており、誤りではないものの、面としての捉え方が不十分であった。直前に断層を発見した印象が大きい

ためか、地震にこだわった回答もあった。これは観察地点2-2の観察時間を短縮し十分に断面図を描く時間を保証しなかったことも要因であるが、露頭1と2の位置を必ず図に書き込むよう授業者が指示しなかったため、設問が生徒にとって堆積時のイベントを想像する方に比重が置かれた点が反省される。



第19図 生徒が描いた露頭1のスケッチ（A～Fは著者加筆）

(2) 野外観察データと露頭試料の活用（3校時）

野外観察のまとめとして、理科実験室で授業を行った。全体の露頭写真を提示し、境界で変化する構成物を第13図 [考察 1] のようにA～Fに大別した。それぞれの地層・岩体の観察結果を報告させ、地学的なデータを基にこの露頭での層序を考えさせようとするのがねらいである。

砂や礫に関しては、野外でも水の働きでできたと判断できる生徒が多い。火山灰に関してはその証拠が見つけにくいので、水の働きと火山の働きとのどちらの作用でできたものかを考えさせるため、Aの部分から生徒が採取した火山豆石と、授業者が採取した軽石流堆積物を露頭試料として準備した。火山豆石はカッターで断面を切って観察し、準備していた火山豆石の断面と比較させた（第20図）。同心円構造があまり明確ではないが、何人かの標本では同心円を



第20図 火山豆石の観察（左）と火山灰の粒度分析実験（火山灰を洗い、フライパンで急速乾燥）

観察できた。水蒸気マグマ爆発ででき、水と一緒に降下した火山灰であることは最後に話した。軽石流堆積物には、6mmを越す高温石英が多量に含まれ、火山に由来する堆積当時の様子を想像させるには適した教材である。容量500mlビーカーで火山灰を洗い、フライパンで急速乾燥させ、中から鉱物を取り出す粒度分析法で実験した。生徒はルーペで観察すると、「おお」という驚きの声を上げ、大地の宝石に見入っていた。

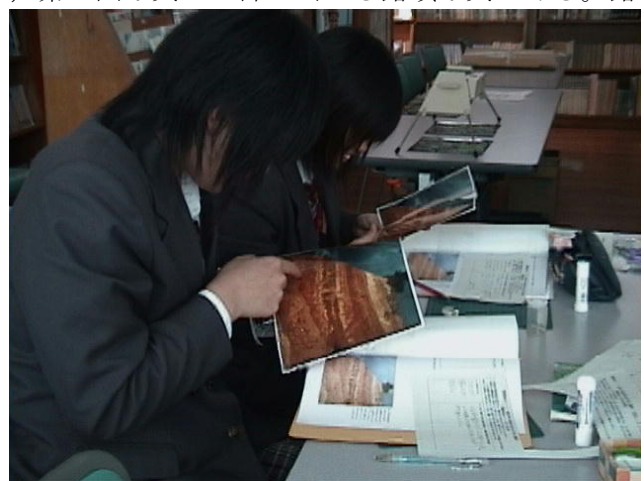
生徒は実験による観察と、露頭での観察結果からAは、C・Dと同じ地層であると正しく結論づけた。Bは礫層、Dは砂脈、Fは最下部が火山灰薄層で上部は砂礫層である。Dの部分は、内部構造まで詳細に正確にスケッチがなされていた。砂に残っている筋を、水の流れと捉えていたり、断層粘土が数枚からなり固結状態の違いまで捉えている生徒もあり、観察力には驚かされた。以上のような考察を通し、この露頭の形成史に当たる層序を考えさせたところ、出席者4名全員が正解であった。

地層や碎屑岩脈の境界面を掘って、手で触りその広がり概念を形成し、広がる方向が断ち切られるという露頭の観察結果から、堆積や砂脈ができた順序を正確に捉えたものと思われる。空間概念の変化として、時間概念を捉えたものと見なせる。

(3) 露頭観察では得られないデータの活用（4校時）

観察地点2の観察結果を基に、初めて見る露頭写真から前沢火山灰最下部の鍵層を探させた。場所は第7図で示した金ヶ崎町大森であり、第7図写真の上部に当たる露頭写真である。露頭の観察が写真を通して行えるかどうかを調べることに、より広範囲に火山灰が降下した事実を知らせるねらいで作成した。出席生徒4名全員が正しい位置を指した（第21図）。

河岸段丘に関する野外観察学習は割愛したが、段丘崖の数等ほぼ正確に答えている。ダイナミックに変化することから自動車の車内からでもその変化が観察できたからである。その後、航空写真で段丘崖を立体視させたり、国土交通省胆沢ダム工事事務所で作製した立体地形図を



第21図 初めて見る露頭写真から前沢火山灰最下部の鍵層を探し出した瞬間

指でなぞり地形の変化などを捉えさせた（第22図）。



第22図 航空写真で地形を立体視（左），立体地形図を指でなぞって段丘崖と撓曲を体感（右）

活断層「出店断層」露頭の写真とスケッチを配布して、地形との関連、地下で起きていることを考えさせた。図のF1からF3は何かという質問には断層と即座に答えた。野外で断層を観察した経験が判断の根拠になったという。古い方ほど変位量が大きい事実から、この断層の活動について考えさせた。その際、生徒の体を使ったシミュレーションが効果的であった。生徒を立たせ、両手を水平に差し出させる。それぞれの生徒を地層に見立て、何百万年前に堆積した地層かを指示する。たとえば、1万年前、10万年前、100万年前という具合である。両手の間には断層があって、断層活動により1万年に1回、左手のみが上に1cm動くという仮定で、それぞれの生徒に両手を動かしてもらった。生徒は、1万年前の地層は1cm、10万年前の地層は10cm、100万年前の地層は100cmと両腕で間隔をすぐに作る事ができた。そして、お互いの状況を観察させその意味を考えさせた。何度も動いている断層であり、最近も動いていた活断層であるという結論を導き驚いた様子であった。

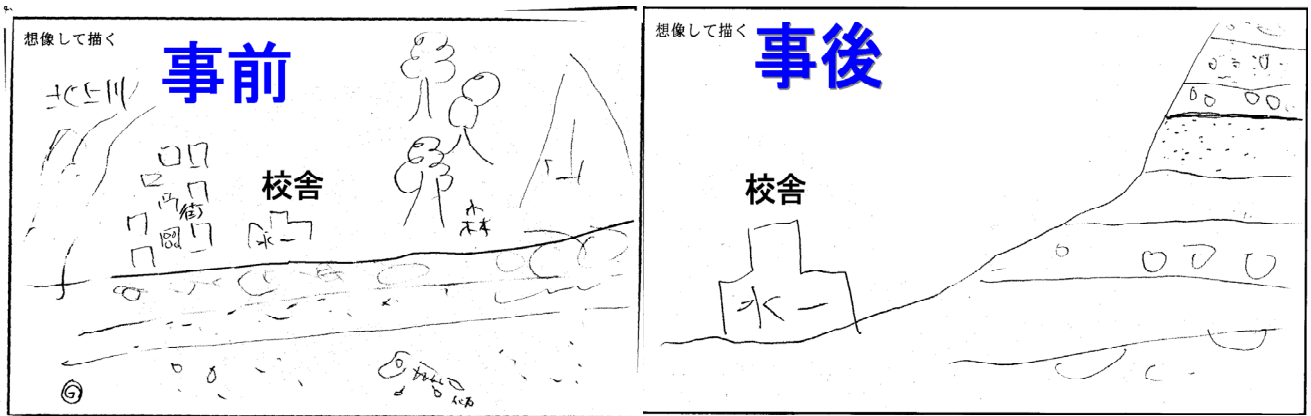
(4) 授業の感想

野外観察を中心とした今回の授業に対する6名全員の感想を以下に掲載する。

- ・今まで教室の中で、教科書中心の勉強で、実際の断層とはどんなものかあまり現実的にはわからなかった。しかし、実際に地層、断層を見てみるとスケールの大きさと探究心が心がおどった。
- ・地層のことをほとんど知らなかったが、今回様々なことを学べて本当によかった。自分で地層の変化を発見できたのもうれしかった。
- ・一番初めの発掘場所ではすべてにおいて初めてなことが多く、目立つ層を探すことや、それをあらわにすることができなかった。しかし、次の場所からはだんだんとコツがつかめてきて、層を見つけるのが少し楽しかった。特に断層を見つけたときはちょっとした感動だった。
- ・寒かったが、地層のことについて深く知ることができた。もっと知りたいと興味を持った（3名）。

(5) 時間・空間概念の育成に関する考察

生徒の感想の中に、「地層の変化を発見」という表現がある。地層面の傾斜の変化や断層などを直接観察し、「地層の変化」を捉えたものと判断される。つまり、連続・不連続の概念である。筆者は時間・空間概念に関して、基本構想の段階では詳細な分析をしていなかった。恩藤（1991）は、空間概念を下位概念から上位概念まで階層的に示しており、連続・不連続の概



第23図 校舎を含む風景の内部を想像して描く（左：事前，右：事後）

念は基礎的空間概念であると述べている。そして、時間・空間の科学といわれる地学教育によって地殻の歴史を探究する場合“原形と変形”の概念が極めて重要であると指摘している。研究結果から“原形と変形”の概念は、生得的、本能的なものでも事象そのものでもないことを意味しており、地学的空間に関する概念の構成では、連続・不連続の概念と同格の下位概念ではないことを示している。つまり、より高い次元の概念に当たるとしている。

今回の授業では、火山灰や地層の分布から堆積当時の様子まで想像できる生徒を育成するのが最終的な目標であった。では、生徒には“原形と変形”の概念が全く形成されなかったのであろうか。

第23図は同一生徒に授業実践の事前、事後において校舎を含む風景の内部を想像して描かせたものである。校舎は、今回の野外観察地点から15km離れている。校舎直下の内部構造や地史に関しては授業で扱っていない。また、授業実践の4時間目が急遽短縮授業になったため、今回調査した観察地点の地史のまとめも実施できなかった。

事前に描かせた図では、校舎の下にはほぼ水平に地層が堆積している様子が描かれている。下位の地層には動物の化石も見られる。しかし、山は森や町と同じように景色を構成する一つとして扱われ、山が地層や岩体で構成されていないことを意味している。この生徒以外の図では、教科書に描かれている一般的な地層の模式的な図を描くものが半数を占めた。

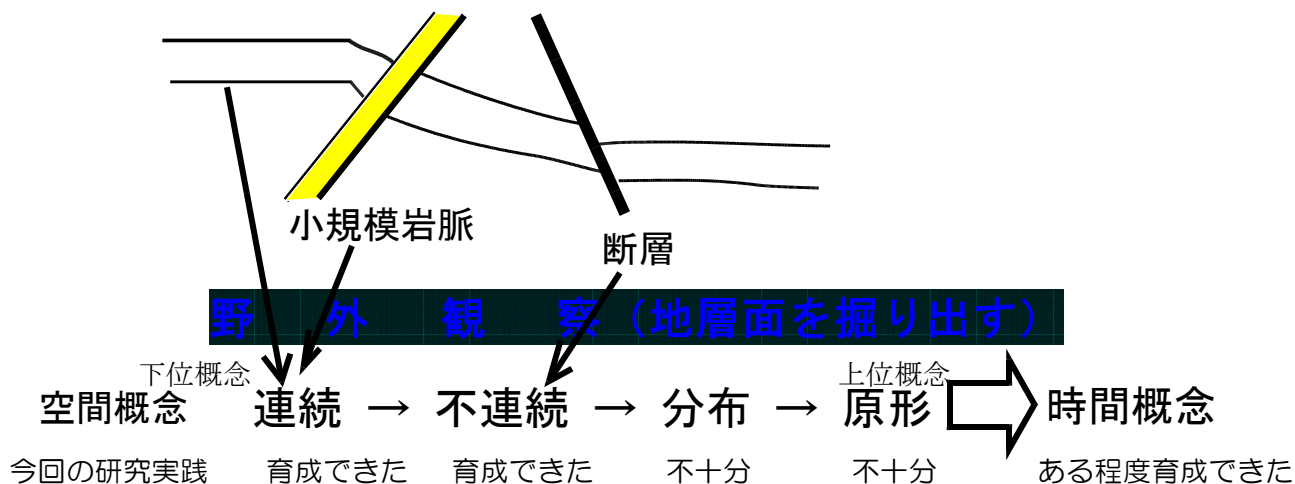
事後に描かせた図では、校舎の下の地層は描けなかったものの、山には地層が堆積している様子が描かれている。上位の方には太線で描かれた地層境界面（層理面）を確認できる。授業で扱った前沢火山灰最下位の鍵層を描いたものと推測される。火山灰が堆積した当時の原形が、削り取られるなど変化した最終結果が描かれている。興味深いのは、事前調査で地層の模式的な図を描いた生徒全てが事後調査では上の図とほとんど同じような図に変化していた点である。河岸段丘の地形を明瞭に描き、その下に地層の図を描いていた。河川によって削り取られた変形を意図的に描き表している。しかし、地層の図は事前に比べると詳細に描かれてはいない。図の補足説明として、火山噴火や段丘形成、断層活動などによって風景が形成されたことを記述してある。“原形と変形”は意識しているが、むしろ地史をまとめきれずに図として描き表すことができなくなっていた。時間概念の育成を確かめる意味でも、地史のシナリオを順番に描かせるなどの方策をとった方がよかったのかも知れない。

今回の研究において、生徒の時間・空間概念の育成に関しては、次のように結論付けられる。生徒を教育的機能を有している地学的空間に置き、地層面を掘り出したり、探究的に断層を発見したりすることにより、面の広がりとしての連続、断ち切られる不連続の空間概念は育成で

きた。ただし、地図化の図を分析すると、空間概念の形成でいう、より上位の概念である分布及び原形の地学的空間概念の育成は不十分であるか、部分的な育成あるいは育成されつつあるといえる。

地学的空間の構造特性を表象している地層面や岩脈の延びを切る地層や岩脈の観察から生徒は地層・岩体の形成順を正確に掴むことができた。空間概念の変化としての時間概念を捉えることができたとみられる。また、周囲の風景に対する地図化の分析から、地層の重なりや段丘崖による地層の侵食など地学的空間に付随する歴史的な空間としてある程度捉えていることが明らかになった。

以上から、今回の実践の分析を通して時間・空間概念の育成について図にまとめてみた。



第24図 空間概念の階層構造と今回育成された時間・空間概念のまとめ

IV おわりに

走向・傾斜は高等学校地学においては基礎的な学習事項である。にもかかわらず、生徒にとっては理解しにくく、クリノメーターの操作や地質図の読図と続く学習項目は難解なものとなっている。では、それらの項目を理解している地質学を専攻する学生にとってはどうであろうか。彼らにとっても野外で初めて地層の走向を計測するのは容易ではない。学生は走向の幾何学的な模型概念を桁外れに広大な地学的空間に応用しようとして失敗する。学生には空間のイメージが形成されていないのである。しかし、本研究における生徒は野外で層理面を掘り出すことにより、走向の概念を形成している。

時間・空間概念を育成するためには、学習者を直接野外で地学的空間の中に置き、野外観察という体験を通して空間像のイメージを形成させることが重要であると昨年の研究で明らかになった。そこで、地質調査に基づいて胆沢扇状地で見られる出店断層の教材化を中心に時間・空間概念を育成する学習展開についてその手法を提案し、実践的に確かめようとした。本年度の研究成果として次のことが挙げられる。

- ① 露頭の観察では事前に観察に適した露頭を選定し、観察の視点を明確にすることが重要である。特にも地層面を掘り出させるという操作を行わせることによって基礎的空間概念である連続の概念が育成されること
- ② 時間・空間概念を育成する学習展開は、まず野外観察学習にて情緒的な実感や体験的な実感を重視し、次に地学的データを基に考察させる過程を通し思想的に実感させる。このように段

階的に展開することによって空間概念の下位概念から上位概念までが順次形成され、同時に時間概念が育成されること

③ 胆沢扇状地で見られる出店断層付近の地質調査を実施し、時間・空間概念を育成するのに適した露頭の選定、出店断層の新たなデータや火山灰層序などの学習素材を収集できたこと

④ 4つからなる教材セットを開発したこと。特に、生徒用ワークシート、露頭カラー写真、露頭スケッチ及び解説をひとまとめにした露頭の教師用指導資料を作成できたこと

今後の課題として、県内の各地域毎の調査と教材開発を行うこと、時間・空間概念について上位の階層構造概念を育成する方策に関する研究を進めること、実践対象生徒を拡大して検証の裏付けを図ること等が挙げられる。

【謝 辞】 この研究を進めるに当たり、授業実践にご協力いただきました協和学院水沢第一高等学校の先生方、生徒の皆さんに心からお礼を申し上げます。また、研究協力員としてご協力いただきました先生方に感謝申し上げます。

【引用文献】

- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢，1985；阿蘇4火山灰一分布の広域性と後期更新世示準層としての意義一．火山（第2集），30，49-70.
- 町田 洋・新井房夫，2003；新編火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕．東京大学出版会，70-74.
- 松田時彦，1975；活断層から発生する地震規模と周期について．地震，第2輯，28，269-283.
- 茂庭隆彦・照井一明，1999；地殻変動を実感させる高等学校地質教材の開発．地学リテラシーを得させるための環境学習に関する研究，代表下野 洋，平成9年度～平成10年度科学研究費補助金（基盤研究B(2)）研究成果報告書，126-131.
- 茂庭隆彦・照井一明，2004；岩手県胆沢扇状地で見出された出店断層露頭．日本地質学会第111学術大会講演要旨，102.
- 大上和良・吉田 充，1984；北上川中流域，胆沢扇状地における火山灰層序．岩手大学工学部研究報告，37，69-81.
- 恩藤知典，1991；地学の野外観察における空間概念の形成．228p，東洋館出版社.
- 宇佐見龍夫，1997；新編日本被害地震総覧〔増補改訂版〕．東京大学出版会，CD-ROM版.

【参考文献】

- 相場博明，2004；移動教室における地学野外観察の方策と実践．地学教育，57，161-173.
- 秦 明德，1993；楽しく親しみのある地学教育をどう創り出すか．理科の教育，42，12-15.
- 秦 明德編，1994；地学的自然の学習構想とその実践．東洋館出版社，66-95.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編，2002；第四紀逆断層アトラス．東京大学出版会，72-81.
- 今泉俊文・後藤秀昭・宮内崇裕・八木浩司・渡辺満久，2002；1:25,000都市圏活断層図「北上」．国土地理院技術資料D・1-No.396.
- 岩手県，2000；岩手の活断層，25p.
- 活断層研究会，1991；〔新編〕日本の活断層．東京大学出版会，128-129.
- 栗田一良，1982；時間／空間概念の活用．地学教育の新しい展開，関 利一郎編，東洋館出版社，43

- 松川正樹・馬場勝良・林 慶一・田中義洋, 1994 ; 地質の野外実習教材の開発の視点. 地学教育, 47, 99-109.
- 松川正樹・林 慶一, 1994 ; 地学とはどのような科学か?. 地学教育, 47, 3-9.
- 松森靖夫・村田美由紀, 1997 ; 高校生の地層概念の認識に関する一考察. 地学教育, 50, 107-119.
- 三崎 隆・西川 純・土田 理, 1995 ; 場独立型と場依存型の生徒の地層観察における視点移動. 地学教育, 48, 57-64.
- 村田貞蔵, 1939 ; 胆沢扇状地の形態学的研究. 地理評, 15, 134-147.
- 中川久夫・岩井淳一・大池昭二・小野寺信吾・森由紀子・木下 尚・竹内貞子・石田琢二, 1963 ; 北上川中流沿岸の第四系及び地形—北上川流域の第四紀地史(2)—. 地質雑, 69, 219-227.
- 大上和良・町田瑞男・吉田 充, 1986 ; 岩手県, 胆沢扇状地地域に分布する火山灰のフィッシュン・トラック年代. 第四紀研究, 24, 309-313.
- 斉藤享治, 1978 ; 岩手県胆沢川流域における段丘形成. 地理評, 51, 852-863.
- 寒川 旭, 1992 ; 地震考古学. 中公新書, 251p.
- 下川浩一・池原 研, 2002 ; 堆積物に残された古地震. 日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 大竹政和・平 朝彦・太田陽子編, 東京大学出版会, 95-99.
- 下野 洋, 1986 ; 自然認識における時間・空間概念の意義. 理科の教育, 35, 521-525.
- 下野 洋, 1998 ; いま, 地学教育に求められるもの. 地学教育, 51, 201-212.
- 星加康昭, 2003 ; 地学的な時間と空間の感覚を育てるための指導の工夫. 岡山県教育センター, 20p.
- 関 利一郎, 1993 ; 地質教材の問題点と改善の方策. 理科の教育, 32, 597-600.
- 杉村 新, 1973 ; 大地の動きをさぐる. 岩波書店, 236p.
- 高橋治郎, 1988 ; 地質教材の基本概念と指導上の留意点. 理科の教育, 37, 162-165.
- 田中吉兵衛, 1986 ; 中学校「地層や岩石」の指導. 理科の教育, 35, 547-550.
- 遠西昭寿, 1998 ; 自然認識研究の現状と課題. 理科の教育, 47, 724-727.
- 渡辺満久, 1991 ; 北上低地帯における河成段丘面の編年及び後期更新世における岩屑供給. 第四紀研究, 30, 19-42.
- WATANABE M., 1989 ; Complementary Distributions of Active Faults and Quaternary Volcanoes, and Tectonic Movements, along the Volcanic Front of Northeast Japan, *Bull. Dep. Geogr. Univ. Tokyo*, 21, 37-74.

【参考Webページ】

早川由起夫, フィールド火山学 ; <http://www.edu.gunma-u.ac.jp/~hayakawa/kazan/field/index.html>