

## Practice of Field Scientific Experience Activities and Assessment of Learning by Visual Representations in Science Education

|       |  |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者:<br>公開日: 2019-07-25<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 高橋, 典嗣<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1064">https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1064</a>        |

# 理科教育における野外での科学体験活動の 実践と視覚表象による評価

## Practice of Field Scientific Experience Activities and Assessment of Learning by Visual Representations in Science Education

高橋 典嗣<sup>\*</sup>  
TAKAHASHI Noritsugu

### 1 はじめに

学校教育における理科の学習において実験・観察、野外観察などの体験学習の重要性は、2017年に告示された小学校・中学校の学習指導要領<sup>1,2)</sup>における理科の目標、指導計画と内容の取り扱いに掲げられている。2008年の「中央教育審議会の答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」<sup>3)</sup>では、学校教育において実生活や日常生活との関連をはかった体験的な学習に取り組むことが重要であるとされた。また2002年の中教審が示した答申、「青少年の奉仕活動・体験活動の推進方策等について」を受けて、2002年から学校における体験活動を推進するための「豊かな体験活動推進事業」が各地で推進されている。

このような体験的な学習活動は、ますます重視される傾向にあり、理科の地学領域の指導では従来から特に重視しなければならないと主張されてきた。それは地学の教材自身が抱える特質として、教室での学習に加えて地域にある教育素材を扱うこと、空間スケール、時間スケールが大きいこと、再現することが難しい事象が多いこと、総合的な視座視点で考察することなど、理科の物理・化学・生物分野とは教材そのものの事情が若干異なっているからである。

中学校における実験や観察の実態について、安藤<sup>4)</sup>の報告では、教科書にある実験観察を5割以上行っている教師は9割弱を占めているが、実験観察

---

<sup>\*</sup> 武蔵野大学教育学部

の分野ごとの内訳は、化学（82%）、物理（75%）、生物（62%）、地学（42%）と、地学領域の実施率が最も低い。また小学校・中学校における地層の野外観察の実施率を調べた三次<sup>5)</sup>の調査では、小学校全国平均 33.3%、中学校では、全国平均 11.9%となっている。これらの結果は、理科の学習において、地学領域の特質を踏まえた観察指導や野外での学習活動が十分に実施されていないことを示している。

このような状況の中で、児童生徒を野外に連れ出す貴重な時間を確保した際に、効果的な理科の教育活動を実現するための指導法の開発として野外での科学体験活動<sup>6,7)</sup>の実践に取り組んできた。野外での科学体験活動とは、単に野外で自然に触れる体験だけではなく、観察、観測、調査などの科学的な体験活動を行うことにより、科学への興味・関心を深めることができる活動と定義した。

本研究では、小学生・中学生を対象とした野外における科学体験活動として、地層の観察を取り上げ、開発した教材を理科の教師を目指す大学生を対象に実施した。

## 2 目的

地質調査の結果は、地質図（地質平面図）、地質断面図、地質柱状図により表される<sup>8,9)</sup>。地質調査では、野外の露頭での観察事項をルートマップに記載し、地層の走向方向に直角の方向に断面図を作成し、傾斜から地層の厚さを求め、地質柱状図を作成する。連続的に作られた柱状図や空白部分を作図法により補い、地質図にまとめあげていく。このために行う地層のスケッチ指導では、層序に注目させることにより、地質学特有の記載方法である柱状図を描くことが有効とされ、単に写実的な描画だけではなく、露頭の特徴を抽象的な描画で表現する指導が一般的に行われている。

本研究では、地層観察において実践されているスケッチに注目した。本来スケッチは、略画を意味しているので、評価の観点は介在しない。そこで、スケッチの描画を視覚表象と捉え、写実表象と抽象表象に分類することにより評価対象とした。これにより、地層観察の学習効果を評価し、従来から取り組まれている地層のスケッチにおける地質柱状図の指導方法の有効性を確認すること、小中学生を対象とした地層の学習におけるスケッチの指導と評価に視覚表象の視点を取り入れることが重要であることを示すことを目的とした。

### 3 方法

#### (1) 概要

本研究では、先ず野外における地層観察学習と科学体験活動を伴った地層観察学習を実施した<sup>10,11)</sup>。次に各観察において作成したスケッチの描画に示された視覚表象を抽出し、評価した。さらに、各地層観察の終了時にアンケート調査を実施した。得られた、地層観察における視覚表象の評価とアンケート調査の結果について分析した。

#### (2) 地層観察学習の実践

##### ① 実践の概要

理科の教職課程を履修し、小学校、中学校の教師を目指す大学生を対象とする地学概論、地学実験では、教室での講義に加えて実際の地質に触れ、観察しながら学習する野外学習の機会を創出している。履修学生に野外での学習経験を持たせることが、将来の児童生徒への体験学習の機会を増やし、前述した教育現場の状況の改善へつながって行くと期待しているからである。

本研究における実践は、長浜<sup>12,13,14,15)</sup>が地球科学教育実習の適地として紹介した神奈川県三浦半島の南端に位置する城ヶ島をフィールドとした。城ヶ島では表1に示した地質学の事象を学習することが可能である。各事象の観察ポイント<sup>16)</sup>を図1に示した。

表1 城ヶ島における地球科学の教育事象

| 作用       | 事物・事象       | 観察できる地点                           | 番号 |
|----------|-------------|-----------------------------------|----|
| 風化<br>侵食 | 海食台         | 島の西岸～南岸～東岸                        | ①  |
|          | 海食崖         | 島の周囲                              | ②  |
|          | 海食洞         | 赤尾根埼（通称「馬の背」）                     | ⑨  |
| 運搬       | 差別侵食        | 城ヶ島灯台の北西側海岸                       | ②  |
|          | 風成火山灰層      | 三浦市通り矢の崖、城ヶ島灯台の南                  | ⑬  |
|          | 円磨度         | 島の全域（砕屑粒子の比較）                     |    |
| 堆積       | 斜層理         | 赤尾根埼～赤尾根海岸～安房埼                    | ⑩  |
|          | 単斜構造        | 島の西海岸                             | ③  |
|          | 級化層理        | 島の西海岸                             | ④  |
|          | スランプ構造      | 城ヶ島灯台の南西120mの地点                   | ⑤  |
|          | フレーム構造      | 城ヶ島公園の北側海岸                        | ⑫  |
|          | コンポルト       | 城ヶ島灯台の南西                          | ④  |
|          | 葉理<br>生痕化石  |                                   | ⑥  |
| 構造運動     | 断層（特に逆断層）   | 城ヶ島灯台の南西120mの地点、千島島海岸             | ⑦  |
|          | 向斜構造        | 城ヶ島灯台から南の波食台を遠望                   | ⑧  |
|          | 逆転層         | 城ヶ島公園の北側海岸                        | ⑫  |
| 地殻運動     | 不整合<br>火山活動 | 赤尾根海岸、三浦市「通り矢」の崖<br>島の全域（各種火山砕屑物） | ⑪  |

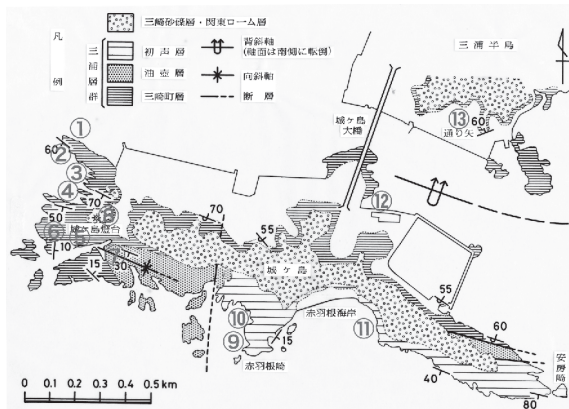


図1 フィールド（観察地点）

城ヶ島において2種類の地層観察学習を実施した。一つは、地域特有の地質事象の観察と理解に焦点を当て、島を一周する通常の学習で、これを統制群とする。もう一方は、観察事項は通常の学習より少ないが、「1 m四方の地質図作成」体験と「向斜構造の調査」体験の科学体験活動を盛り込んだ学習で、これを実験群とする。各群の学習に参加した学生数及び作成した描画数、学習プログラムを表2に示した。

② 統制群の学習のねらい

通常の地層観察学習でのねらいは、城ヶ島の地形と三浦層群の地層の堆積の様子から断層、褶曲等の構造運動、地殻変動に至るまでの一連の過程を観察することである。城ヶ島を一周することで、より多くの地質事象を観察することにした。

学習プログラムは、城ヶ島のバス終点を起点とし、図1の①地点から順に島内を一周し、最後に、⑤地点の露頭でスケッチを行った(図2)。ここで観察できる地域特有の地質事象として、フレームストラクチャー、逆断層、火山灰とスコリア、生痕化石、スコリアの粒度の違い、分級による堆積順序(地層の上下と新旧)の判定方法などについて説明した。説明終了後に30分間スケッチに取り組んだ。

③ 実験群の学習のねらい

通常の地層観察の学習のねらいに加え、科学体験活動として「1 m四方の地質図の作成」

体験と「向斜構造の地質断面図の作成」体験を行った。これらの作業により、地層を構成する岩質、粒度などの観察の仕方を学習するとともに、体験の過程で地層の空間的な広がり、時間的な堆積関係の理解を図ることとした。

表2 実践の対象と学習プログラム

| 野外観察の種類   |                         | 統制群<br>(通常の地層観察)   | 実験群<br>(科学体験活動を行う地層観察)                 |
|-----------|-------------------------|--------------------|--|
| 被験者数(描画数) |                         | 22名(22枚)           | 28名(112枚)                              |
| 観察場所      |                         | ①~⑫、⑬(遠望)          | ①~⑧、⑬(遠望)                              |
| 科学体験活動    |                         | なし                 | ・地質図の作成体験<br>・向斜構造の調査体験<br>・地質断面図の作成体験 |
| 指導経過      | 10:30<br>10:40<br>11:20 |                    | 集合<br>露頭の描画(表象2)⑤地点<br>①~⑥地点の観察        |
| 時間        | 13:00                   | 集合                 | <昼食>                                   |
|           | 13:30                   | ①~⑥地点の観察           | 1 m地質図の作成・③地点                          |
|           | 15:30                   | 露頭の描画<br>(表象1) ⑤地点 | ⑦地点の調査(向斜構造)<br>向斜構造の遠望・⑧地点            |
|           | 17:00<br>17:30          | ⑧~⑫、⑬地点の観察<br>解散   | 露頭の描画(表象3)⑤地点<br>解散                    |



図2 露頭のスケッチ(⑤地点にて)

学習プログラムでは、最初に⑤地点に行き、地層のスケッチを行った。この時は、スケッチ用紙を配布し、地層に関して何の説明もせずに30分間のスケッチを行った。その後、③地点で「1m四方の地質図」体験、⑦地点で「向斜構造の調査」体験を行った。最後に再び⑤地点に戻り、統制群（通常の巡検）と同様、⑤地点で観察できる地域特有の地質事象を説明後に30分間スケッチに取り組んだ。

### （3）科学体験活動の教材内容

実験群における科学体験活動で使用した教材は、次の2つである。

#### ①「1m四方の地質図作成」体験

図1の③地点の単斜構造の海食台の上で、図3のように1m四方に区画した範囲内で地層の走向・傾斜を測り、岩質、粒度の違い、地層の幅を確認し、地層のスケッチを行った。終了後、垂直方向の地層の厚さ、地層の層厚、スケールを計算し、北を上にした1m四方の地質図を完成させ、東西方向の地質断面図を作成する。地質図は、地層や岩体の種類と分布、年代、地質構造を地形図に色や記号で表したものである。地質断面図と合わせることでより地質の3次元的な分布から地質構造や形成史の知見が得られる。「1m四方の地質図作成」体験は、小学校高学年以上を対象に、地層や堆積岩を分類し、図示する過程で地層観察の仕方や地質図の仕組み、地質図の重要性を学習することをねらいとし、教材化したものである。

一連の作業の中で行う、最初の1m四方の地層のスケッチでは、写実的な描画による表象が多かった。次に視点移動して書き直し、地層断面図を作成する段階で、地層の分類、凡例による記載などから、模式的に描画する抽象的な表象の必要性を体験することができる。作成した一例を図4に示した。



図3 地質図の作成（③地点にて）

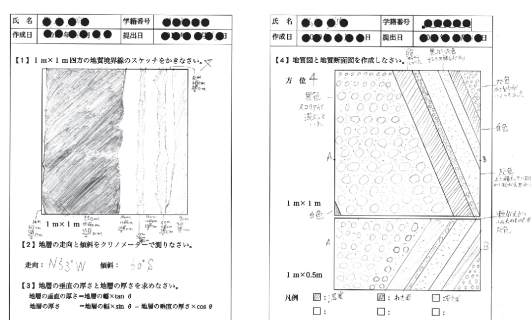


図4 「1m四方の地質図作成」体験の一例  
左側の地層のスケッチは写実表象による描画が多い。  
右側の地質図作成の段階で、模式的な抽象表象に妥容する。

②「向斜構造の調査」体験と向斜構造の遠望

図5の⑦地点の向斜構造が見られる海食台を海側から陸側（北北東）に進み、鍵層となる火山灰層の走向・傾斜を測りルートマップ（ワークシート）に記載した。その後、⑧地点の灯台から向斜構造を遠望し、向斜軸と向斜構造を視覚的に把握し、歩いた南北の地質断面図を作成した。本教材は、中学生を対象とした科学体験活動において、地質調査と地質構造の関係を簡易体験することをねらいとし、教材化したものである。



図5 向斜構造（⑧地点の城ヶ島灯台より遠望）

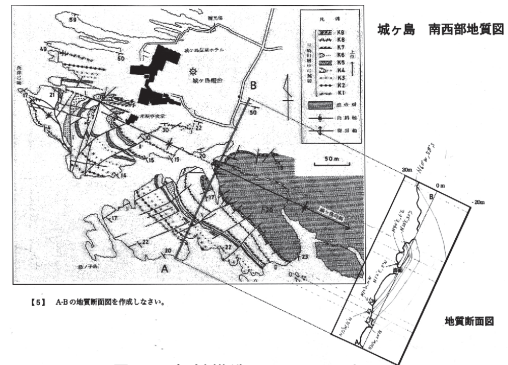


図6 向斜構造ワークシート

（4）視覚表象による評価

① 視覚表象について

科学・技術における視覚表象の図像の歴史を分析した橋本<sup>17)</sup>は、科学技術における視覚表象の利用は、特徴を抽出した上で科学者の理論的な思考を助ける重要な役割があると述べている。額賀<sup>18)</sup>は、科学における図像を写真、挿し絵、地図、グラフや図表、模式図に分類した。地質学の地質図<sup>19)</sup>の作成では、写実的に描くより、抽象的表象が歴史的に確立してきた。地層の層序の理解には地質柱状図が用いられる。地質柱状図は、地質学における有効な記載方法であるので、従来から記載の指導が重視されてきた。一方、詳細な地質構造を記載するには写真や写実的なスケッチにより記録される。どの図像が良いかは目的により異なってくる。

理科の地層の指導場面で、スケッチの指導実践から恩藤<sup>20,21)</sup>は、「崖のスケッチは、単なるありのままの写実ではなく、何かを捨象し、抽象化した知的活動の現れであり、モデルを形成する一過程でもある」と指摘している。石井<sup>22)</sup>は、不整合の露頭のスケッチの図像を指導の評価に用いている。

本研究では、地層観察でのスケッチの描画に示された視覚表象と記載事項の項目を集計し、評価得点とした。

② 視覚表象の種類

観察地点⑤において、統制群では地層観察の最後に1回、実験群では地層観察の最初と最後の2回スケッチを行った。各スケッチの描画から得られた視覚表象と記載事項を、それぞれ順に表象1～表象3とした。

③ 視覚表象の分類（写実表象と抽象表象）

表象1～表象3の描画を表3に示した5つの観点を各1点とし、累積得点により写実表象と抽象表象に二分した。図7は写実表象の例で、露頭の輪郭や地層構成物の様子、陰影、色の違いなどを濃淡で忠実に模写しようとしている。図8は、抽象表象の例で、地層を構成する粒度の違い、色の違いなどを模式化し、凡例や柱状図で示している。

分類過程では、描画の技術的な要素についての評価も行っているが、本研究における分析では使用しなかった。

描画の技術面での評価基準を参考に示しておく。基準は、空想的で地層を見ていないと判断される描画を1、地層間の境界線や模様になり込みが強い描画を2、忠実に再現されている描画を3、画法などが使用されている描画を4、特に優れた画法の描画を5とした。

表3 表象の分類

| 分類の観点   | 写実表象       | 抽象表象       |
|---------|------------|------------|
| 1 輪郭の表現 | 太い線で表現     | 細い線で表現     |
| 2 形の表現  | 忠実に表現      | 特徴を抽象化して表現 |
| 3 色の表現  | 濃淡で表現      | 模式的に表現     |
| 4 質感の表現 | 粒を正確に記入    | 記号化して表現    |
| 5 空間の表現 | 立体的（陰影）に表現 | 平面的に表現     |



図7 写実表象の例

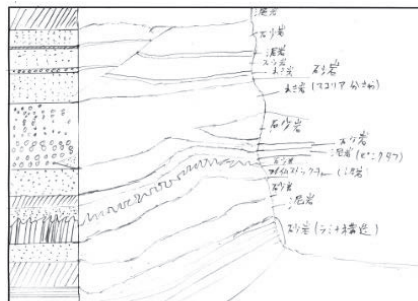


図8 抽象表象の例



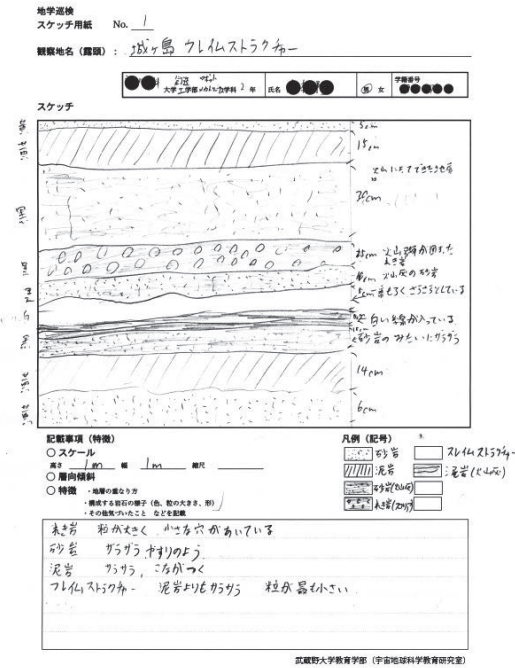


図9 スケッチ用紙の記入例

地球科学体験活動における視覚表象による評価

| NO               | 71-72   | 氏名        | 経験    |           | 3.9       | 意欲        | 4.1       |           | 4.3  | 実質性       | 5 |
|------------------|---|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|---|
| 特質               | 評価項目  | 表象2 (60分) |       | 表象3 (60分) | 表象4 (60分) | 表象5 (60分) | 表象6 (60分) | 表象7 (60分) | ポイント | 備考        |   |
|                  |   | 表象        | 表現    | 表象        | 表現        | 表象        | 表現        |           |      |           |   |
| (1) 空間スケール       | 高さ<br>幅<br>縮尺<br>走向<br>傾斜<br>地層の垂直の厚さ<br>地層の厚さ  |           |       | ○         | ○         |           |           |           | 4    |           |   |
| (2) 時間スケール       | 分級<br>地層区分 (12層以上)<br>色の分類 (6色以上)   |           |       |           |           |           |           |           | 4    |           |   |
| (3) 地域性          | フレームストラクチャー<br>断層<br>ラミナ<br>生痕化石<br>パミス (火山灰)<br>スコリア<br>向斜軸<br>粒の大きさ<br>色<br>固さ・手触り (岩質)<br>砂岩<br>泥岩<br>礫岩 | ○         |       | ○         | ○         | ○         | ○         | ○         | 5    | スコリア8枚    |   |
| (4) 再現できない       | 時間と空間の両物<br>再現できない  |           |       |           |           |           |           |           | 5    |           |   |
| (5) 総合的な扱い       | 逆断層<br>砂泥互層<br>平行葉理<br>断層のセンス<br>地質図<br>地質断面図<br>凡例   |           |       |           | ○         |           |           | ○         | 4    |           |   |
| (6) 形成史 (歴史的な扱い) | 形成史<br>自然史的な把握  |           |       | ○         |           |           |           |           | 5    |           |   |
| (7) その他          | 凡例  |           |       | ○         | ○         |           |           |           |      | 偏差        |   |
| 2 表象のタイプ         |   | A+C=0     | B+C=2 | B+C       | B+C=2     |           |           |           | 描画   | 写真表象 抽象表象 |   |
| 3 表象の評価          |   | 3+1=4     | 6     | 11+5=16   | 5         | 総合        |           |           | 31   |           |   |

武蔵野大学教育学部 宇宙地球科学教育研究室

図10 視覚表象による評価の集計表 (例)

④ 視覚表象の評価

表象1は22枚、表象2は28枚、表象3は28枚、計78枚の描画について、視覚表象の評価を行った。評価項目はスケッチ用紙に記載された、描画、描画中の記載事項、凡例、記載欄への記入事項など、スケッチ用紙の欄外も含めて記載されている全ての情報を精査したところ、項目数は表4に示した30項目となった。各項目を1点として集計し、合計数を視覚表象の評価得点とした。スケッチ用紙の記入例を図9に、集計表の例を図10に示した。集計表には、視覚表象の評価の他にアンケート調査のデータの一部も記載してある。

視覚表象の評価は、各項目を1点として集計したが、指導上の評価では、地域性、時間、空間、再現性、総合的という特質により各項目の重要度が異なるので、重みを付加した評定法を検討する必要がある。しかし、本研究

表4 視覚表象の評価項目

| 地球科学の特質 | 評価項目   |
|---------|--|
| 地域的特質   | フレームストラクチャー、断層、ラミナ、生痕化石<br>パミス (火山灰)、スコリア<br>粒の大きさ、色、固さ・手触り (岩質)<br>砂岩、泥岩、礫岩 |
| 空間スケール  | 高さ、幅、縮尺、走向、傾斜<br>地層の垂直の厚さ、地層の厚さ  |
| 時間スケール  | 分級<br>地層区分 (12層以上)<br>色の分類 (6色以上)<br>形成史 (歴史的な扱い)                            |
| 総合的な扱い  | 逆断層、砂泥互層、平行葉理、断層のセンス<br>地質図、地質断面図、凡例   |

における視覚表象の評価は、項目数の分布に着目することにし、指導評価については、今後の検討課題とすることにした。

統制群の表象1と実験群の表象2及び表象3の評価の平均値(M)、標準偏差(SD)、最大値、中央値、最小値を表5に示した。

表5 表象1～表象3の評価

|          | M     | SD   | 最大値 | 中央値  | 最小値 | n  |
|----------|-------|------|-----|------|-----|----|
| 統制群(表象1) | 13.18 | 3.45 | 20  | 13.5 | 7   | 22 |
| 実験群(表象2) | 7.18  | 2.80 | 13  | 7.0  | 2   | 28 |
| 実験群(表象3) | 16.07 | 3.86 | 27  | 15.0 | 11  | 28 |

表6 アンケート調査の項目

### (5) アンケート調査

野外観察学習終了後に、各群それぞれ地球科学体験活動に関するアンケート調査を行った。調査項目は、表6に示した。今回の野外観察学習に参加するまでに体験したことのある自然体験について(15項目)、野外学習についての意欲(5項目)、地球科学教育の特質について(5項目)、野外学習の重要性について(1項目)で、合計26項目について、「5:とてもある(思う)」、「4:少しある(思う)」、「3:どちらでもない」、「2:あまりない(思わない)」、「1:全くない(思わない)」の5件法で質問した。

|   |
|---|
| <b>調査項目1 自然体験</b>   |
| (1) 天の川を見たことがある<br>(2) 流れ星を見たことがある。<br>(3) 日食を見たことがある。<br>(4) 日の出を見たことがある。<br>(5) 隕石を見たことがある。<br>(6) 河原などで石を拾ったことがある。<br>(7) 地層を観察したことがある。<br>(8) 化石を採集したことがある。<br>(9) 鉱物を採集したことがある。<br>(10) 恐竜展へ行ったことがある。<br>(11) プラネタリウムへ行ったことがある。<br>(12) 天文台へ行ったことがある。<br>(13) 科学博物館へ行ったことがある。<br>(14) 科学に関する講演会へ参加したことがある。<br>(15) 科学体験活動に参加したことがある。 |
| <b>調査項目2 野外学習についての意欲</b>  |
| (1) 地球科学教育で野外学習が各地で行われると、理科離れの解消につながると思う。<br>(2) 地球科学教育での野外学習に参加すれば、理科好きの子どもが増えると思う。<br>(3) 今回の野外学習に参加して、これからの学習に役立つと思った。<br>(4) 今回のような地球科学教育の野外学習にまた参加したいと思った。<br>(5) 今回のような野外学習が小・中学校であつたら地球科学にもっと興味を持つと思った。  |
| <b>調査項目3 地球科学教育の特質</b>  |
| (1) 地球科学の学習では、地域性をいかした教材開発が重要だと思った。<br>(2) 地球科学で扱う空間スケールは、野外でないと実感できないと思った。<br>(3) 地球科学で扱う時間スケールは、野外でないと実感できないと思った。<br>(4) 地球科学の学習では、再現できない題材を扱うことが面白いと思った。<br>(5) 地球科学の学習では、総合的な扱いができることが面白いと思った。  |
| <b>調査項目4 野外学習の重要性</b>   |
| (1) 地球科学の学習では、野外での学習が重要だと思った。   |

## 4 結果と考察

### (1) 視覚表象の評価

視覚表象の評価の平均値と「群」（通常の観察学習を行った統制群と科学体験活動を盛り込んだ観察学習の実験群）、「表象方法」（写実表象と抽象表象）、「大学別」（大学間の差異）、「性別」に差があるかについて分散分析を行った。表7に各平均値（M）、標準偏差（SD）、F値、有意確率の分析結果を示した。「群」では、有意差が認められ（ $F(1, 48) = 7.58, P < .01$ ）、統制群より実験群の平均値が高かった。「表象方法」には、有意差が認められ（ $F(1, 48) = 41.83, P < .01$ ）、写実表象より抽象表象の平均値が高かった。また、「性別」では、男性と女性の平均値の間に有意差が認められ（ $F(1, 48) = 5.41, P < .05$ ）、女性の平均値が高かった。大学別の平均値には、顕著な差異が認められなかった（ $F(2, 47) = 0.28, n.s.$ ）。

「1m四方の地質図」体験及び「向斜構造の調査」体験の科学体験活動を野外の学習に取り入れることにより、視覚表象の評価が高くなっていることがわかる。

科学体験活動を取り入れた実験群の描画の視覚表象の変容について分析した。実験群の表象2（最初の描画）と表象3（最後の描画）とで、描画法がどちらも写実表象だった場合をタイプA、写実表象から抽象表に変容した場合をタイプB、抽象表象のまま変化がなかった場合をタイプC、抽象表象から写実表象に変容した場合をタイプDと分類した。各タイプと評価の平均値との関係についての分析結果を表8に示した。各平均値間には有意な差が見られた（ $F(3, 24) = 18.62, P < .01$ ）。各タイプの評価の平均値の差をTukey-KramerのHSD検定により多重比較した結果、LSDは $p < .05$ で、タイプBが

表7 視覚表象の評価の平均値、SDと分散分析結果

|         | M     | SD   | n  | F値    | p      |
|---------|-------|------|----|-------|--------|
| 群 統制群   | 13.18 | 3.45 | 22 | 7.58  | .01**  |
| 実験群     | 16.07 | 3.86 | 28 |       |        |
| 群 写実表象  | 12.81 | 2.53 | 32 | 41.83 | .01**  |
| 抽象表象    | 18.33 | 3.46 | 18 |       |        |
| 大学 A 大学 | 15.17 | 4.09 | 24 | 0.28  | .76 ns |
| B 大学    | 14.34 | 4.03 | 23 |       |        |
| C 大学    | 15.33 | 1.15 | 3  |       |        |
| 性別 男性   | 14.11 | 3.87 | 38 | 5.41  | .02*   |
| 女性      | 17.00 | 3.36 | 12 |       |        |

\*  $P < .05$     \*\*  $P < .01$

表8 実験群の視覚表象の変容別の評価の平均値、SDと分散分析結果

| タイプ  | M     | SD   | n  | F値    | p     |
|------|-------|------|----|-------|-------|
| Aタイプ | 8.01  | 2.93 | 16 | 10.08 | .01** |
| Bタイプ | 17.63 | 6.05 | 3  |       |       |
| Cタイプ | 12.67 | 3.79 | 2  |       |       |
| Dタイプ | 6.00  |      | 1  |       |       |

\*\*  $P < .01$

表9 統制群と実験群の視覚表象別の評価の平均値、SDと分散分析結果

|          | M     | SD   | n  | F値    | p     |
|----------|-------|------|----|-------|-------|
| 群 統制群・写実 | 12.23 | 2.90 | 13 | 18.62 | .01** |
| 統制群・抽象   | 16.14 | 2.54 | 7  |       |       |
| 実験群・写実   | 13.21 | 2.21 | 19 |       |       |
| 実験群・抽象   | 19.73 | 3.32 | 11 |       |       |

\*\*  $P < .01$

タイプ C より、タイプ C がタイプ A より、タイプ A がタイプ D より評価の平均が有意に高かった。結果から写実表象から抽象表象に変容することが評価に影響を与えていることが明らかなので、地層の描画を行う際には、視覚表象の表現方法として、抽象表象の指導を行うことが重要であることが確認できた。

科学体験活動と抽象表象との関係について分析した。統制群の表象 1 と実験群の表象 3 の描画をそれぞれ写実表象、抽象表象に分け、4 つに分類した。4 分類の各評価の平均値との関係についての分析結果を表 9 に示した。各平均値間には有意な差が見られた ( $F(3, 46) = 20.91, P < .01$ )。各タイプの評価の平均値の差を Tukey-Kramer の HSD 検定による多重比較を行った結果、LSD は  $p < .05$  で、実験群・抽象表象が統制群・抽象表象より、統制群・抽象表象が実験群・写実表象より、実験群・写実表象が統制群・写実表象より評価の平均値が有意に高かった。結果から科学体験活動と抽象表象が評価に影響を与えていることが明らかなので、科学体験活動を行う中で抽象表象の指導を行うことが、より重要であることが確認できた。

## (2) 野外巡検に関する調査

### ① 自然体験

自然体験の平均と「群」、「表象方法」との関係についての分析結果を表 10 に示した。「群」( $F(1, 47) = 1.59, n.s$ )、「表象方法」( $F(1, 48) = 1.35, n.s$ )ともに、各平均値間の差異は認められなかった。

自然体験の各項目の分析では、日食と「群」( $F(1, 47) = 3.88, P < .05$ )、日の出と「性別」( $F(1, 47) = 3.09, P < .05$ )、鉱物採集と「表象方法」( $F(1, 47) = 4.10, P < .05$ )の 3 項目に差異が認められたが、他には差異が認められなかった。また観察学習までの被験者間の自然体験には、大きな差がないことがわかった。

### ② 野外学習についての意欲

野外学習についての意欲の平均値と「群」、「表象方法」との関係について

表 10 自然体験の評価の平均値、SD と分散分析結果

|    |      | M    | SD   | n  | F 値  | p      |
|----|------|------|------|----|------|--------|
| 群  | 統制群  | 3.04 | 0.78 | 22 | 1.59 | .21 ns |
|    | 実験群  | 3.32 | 0.76 | 28 |      |        |
| 表象 | 写実表象 | 3.10 | 0.77 | 32 | 1.35 | .25 ns |
|    | 抽象表象 | 3.37 | 0.78 | 18 |      |        |

表 11 野外学習の意欲に関する評価の平均値、SD と分散分析結果

|    |      | M    | SD   | n  | F 値  | p      |
|----|------|------|------|----|------|--------|
| 群  | 統制群  | 3.80 | 0.77 | 22 | 3.47 | .05*   |
|    | 実験群  | 4.16 | 0.61 | 28 |      |        |
| 表象 | 写実表象 | 3.88 | 0.77 | 32 | 2.81 | .10 ns |
|    | 抽象表象 | 4.22 | 0.51 | 18 |      |        |

\* $P < .05$

での分析結果を表 11 に示した。「表象方法」(F(1, 48)= 2.81, n.s)、「群」(F(1, 47)= 3.48, p=.07)ともに、各平均値間の差異は認められなかった。

各項目の平均値と「群」、「表象方法」との関係についての分析結果を表 12 に示した。「野外学習がこれからの学習に役に立つ」では、実験群(F(2, 47)= 7.94, P<.01)、抽象表象(F(2, 47)= 4.23, P<.05)に有意な差が認められた。「野外学習にまた参加したい」では、抽象表象に有意な差が認められた(F(2, 47)= 4.80, P<.05)。

野外学習が理科離れの解消につながり、理科好きの子どもが増えるとまではいかないが、科学体験活動および抽象表象による学生にとって野外学習は、今後の学習に役立ち、機会があれば参加したいと考えていることがわかった。

③ 地学領域の特質

地学領域の特質の平均値と「群」、「表象方法」との関係についての分析結果を表 13 に示した。「群」には、有意差が認められ(F(1, 48)= 5.427, P<.05)、統制群より実験群の平均値が高かった。「表象」には平均値間には差が見られなかった(F(1, 48)= 0.23, n.s)。各特質の平均値と「群」、「表象方法」との関係についての分析結果を表 14 に示した。「時間スケールは野外でないと実感できない」では実験群(F(2, 47)= 3.98, p<.05)に、「再現できない題材が面白い」では抽象表象(F(2, 47)= 4.23, p<.05)に有意な差が認められた。

表 12 意欲の各設問に関する評価の平均値、SD と分散分析結果

|       |    |    | M    | SD   | n  | F 値  | p   |    |
|-------|----|----|------|------|----|------|-----|----|
| 理科離れ  | 群  | 統制 | 3.82 | 1.00 | 22 | 3.49 | .07 | ns |
|       |    | 実験 | 4.29 | 0.77 | 32 |      |     |    |
|       | 表象 | 写実 | 3.97 | 0.97 | 32 | 1.37 | .25 | ns |
|       |    | 抽象 | 4.28 | 0.75 | 18 |      |     |    |
| 理科好き  | 群  | 統制 | 3.73 | 1.12 | 28 | 1.24 | .27 | ns |
|       |    | 実験 | 4.04 | 0.84 | 22 |      |     |    |
|       | 表象 | 写実 | 3.84 | 1.08 | 32 | 0.29 | .59 | ns |
|       |    | 抽象 | 4.00 | 0.77 | 18 |      |     |    |
| 役に立つ  | 群  | 統制 | 3.91 | 1.02 | 28 | 7.94 | .01 | ** |
|       |    | 実験 | 4.57 | 0.63 | 22 |      |     |    |
|       | 表象 | 写実 | 4.09 | 1.00 | 32 | 4.23 | .05 | *  |
|       |    | 抽象 | 4.61 | 0.50 | 18 |      |     |    |
| 参加したい | 群  | 統制 | 3.59 | 1.10 | 28 | 1.08 | .30 | ns |
|       |    | 実験 | 3.89 | 0.96 | 22 |      |     |    |
|       | 表象 | 写実 | 3.53 | 1.05 | 32 | 4.80 | .03 | *  |
|       |    | 抽象 | 4.17 | 0.86 | 18 |      |     |    |
| 興味ある  | 群  | 統制 | 4.00 | 1.00 | 28 | 0.10 | .76 | ns |
|       |    | 実験 | 4.04 | 0.84 | 22 |      |     |    |
|       | 表象 | 写実 | 3.97 | 0.97 | 32 | 0.10 | .07 | ns |
|       |    | 抽象 | 4.01 | 0.80 | 18 |      |     |    |

\*:p<.05, \*\*:p<.01

表 13 地学領域の特質に関する評価の平均値、SD と分散分析結果

|    |      |      | M    | SD | n    | F 値    | p |
|----|------|------|------|----|------|--------|---|
| 群  | 統制群  | 3.85 | 0.79 | 22 | 5.43 | .02*   |   |
|    | 実験群  | 4.27 | 0.51 | 28 |      |        |   |
| 表象 | 写実表象 | 4.05 | 0.76 | 32 | 0.23 | .64 ns |   |
|    | 抽象表象 | 4.14 | 0.48 | 18 |      |        |   |

\*:p<.05

表 14 地学領域の特質の各設問に関する評価の平均値、SD と分散分析結果

|     |    |    | M    | SD   | n  | F 値  | p      |
|-----|----|----|------|------|----|------|--------|
| 地域  | 群  | 統制 | 4.00 | 0.93 | 22 | 1.18 | .28 ns |
|     |    | 実験 | 4.25 | 0.70 | 32 |      |        |
|     | 表象 | 写実 | 4.13 | 0.87 | 32 | 0.03 | .86 ns |
|     |    | 抽象 | 4.17 | 0.71 | 18 |      |        |
| 空間  | 群  | 統制 | 4.05 | 1.17 | 28 | 1.82 | .18 ns |
|     |    | 実験 | 4.43 | 0.84 | 22 |      |        |
|     | 表象 | 写実 | 4.21 | 1.10 | 32 | 0.15 | .70 ns |
|     |    | 抽象 | 4.33 | 0.84 | 18 |      |        |
| 時間  | 群  | 統制 | 3.68 | 1.09 | 28 | 3.98 | .05 *  |
|     |    | 実験 | 4.25 | 0.93 | 22 |      |        |
|     | 表象 | 写実 | 4.06 | 1.01 | 32 | 0.32 | .57 ns |
|     |    | 抽象 | 3.89 | 1.08 | 18 |      |        |
| 再現性 | 群  | 統制 | 3.91 | 1.06 | 28 | 4.88 | .03 *  |
|     |    | 実験 | 4.43 | 0.57 | 22 |      |        |
|     | 表象 | 写実 | 4.13 | 0.98 | 32 | 0.68 | .42 ns |
|     |    | 抽象 | 4.33 | 0.59 | 18 |      |        |
| 総合的 | 群  | 統制 | 3.59 | 1.18 | 28 | 2.40 | .13 ns |
|     |    | 実験 | 4.00 | 0.67 | 22 |      |        |
|     | 表象 | 写実 | 3.72 | 1.05 | 32 | 1.03 | .32 ns |
|     |    | 抽象 | 4.00 | 0.69 | 18 |      |        |

\*:p<.05

統制群と実験群における地球科学の各特質間の相関（Pearsonの積率相関係数）を求めた結果を表15に示した。地球科学の特質について統制群と実験群との間には、統制群と実験群ともに時間と空間（統制群： $r=.42$ ,  $p<.05$ 、実験群： $r=.66$ ,  $p<.01$ ）、再現性と総合的（統制群： $r=.76$ ,  $p<.01$ 、実験群： $r=.58$ ,  $p<.01$ ）の間に有意な正の相関が見られた。統制群では、地域と再現性（ $r=.58$ ,  $p<.01$ ）、時間と総合的（ $r=.45$ ,  $p<.05$ ）に有意な正の相関が見られた。実験群では、空間と再現性（ $r=.45$ ,  $p<.05$ ）、時間と再現性（ $r=.49$ ,  $p<.01$ ）に有意な正の相関が見られた。

統制群で相関が見られたのは、地域、空間、時間、再現性、総合的の各項目である。実験群で相関が見られたのは、再現性、空間、時間、総合的の項目であった

再現性のない地質事象の特質の捉え方として、統制群は、地域と総合的と結びついていることから、地域性の特色であり、総合的なものと捉えている。これに対して実験群は、時間、空間と結びつけているので、空間と時間の中で形成された再現性のない地質事象であると捉えていると考えられる。これは、科学体験活動のねらいとした、地層の空間的な広がりや時間的な堆積関係の理解が影響していると推察できる。

#### ④ 野外学習の重要性

地学領域での野外学習の重要性と「群」、「表象方法」、「大学別」、「性別」との関係についての分析結果を表16に示した。「群」には、有意差が認められ（ $F(1, 48)=5.34$ ,  $p<.05$ ）、通常の観察学習より科学体験を伴う観察学習の平均値が高かった。「表象」の平均値間には差が見られなかった（ $F(1, 48)=0.01$ , n.s.）。

科学体験活動を経験すると、野外での学習活動の重要性が認識されることが確認できた。

表15 地学領域の特質の相関

|          |     | 統制群・通常の野外観察学習 |        |        |        |        |
|----------|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|
|          |     | 地域性           | 空間     | 時間     | 再現性    | 総合的    |
| 実験群・科学体験 | 地域性 | 0.48          | 0.09   | 0.58** | 0.30   |        |
|          | 空間  | 0.06          |        | 0.42*  | 0.38   | 0.29   |
|          | 時間  | 0.04          | 0.66** |        | 0.18   | 0.45*  |
|          | 再現性 | 0.18          | 0.45*  | 0.49** |        | 0.76** |
|          | 総合的 | 0.24          | 0.13   | 0.36   | 0.58** |        |

上段（右上）：統制群、下段（左下）：実験群、\*： $p<.05$ 、\*\*： $p<.01$

表16 野外学習の重要性の評価の平均値、SDと分散分析結果

|    |      | M    | SD   | n  | F値   | p      |
|----|------|------|------|----|------|--------|
| 群  | 統制群  | 3.73 | 1.28 | 22 | 5.34 | .03*   |
|    | 実験群  | 4.39 | 0.93 | 28 |      |        |
| 表象 | 写真表象 | 4.09 | 1.00 | 32 | 0.01 | .96 ns |
|    | 抽象表象 | 4.11 | 1.18 | 18 |      |        |

\*： $p<.05$

## 5 まとめ

本研究では、野外での学習活動における地層のスケッチに示された描画を写実表象と抽象表象の視点で捉えることにより、スケッチを単なる略画ではなく、視覚表象による的確な評価対象とした。視覚表象による地層の観察学習の評価から、従来から地質関係者が慣習として実践してきた図像の指導法を支持する結果を示すことができた。すなわち、野外での学習活動に科学体験活動を取り入れると効果的である。さらに、地層のスケッチ指導では、地質柱状図の作成で行われているように、写実的な描画から抽象的な描画方法を指導することが地層の理解に効果的であることを確認することができた。

今後の課題としては、視覚表象の評価に指導上の重みをどのように付加していくかが残されている。また、通常的地層観察学習と科学体験活動を盛り込む場合とで、それぞれどの学習場面に最も効果的であるかについて、検討する必要がある。

今後も、豊富な自然体験を持たせることが理科好き科学好きの児童生徒を育むことにつながると考えているので、児童生徒が野外において主体的に作業し、地球科学の特質を把握するとともに、科学的な見方や考え方、科学的な方法を体験することが可能な科学体験活動の教材開発と実践に取り組んでいきたい。

### 謝辞

本研究における城ヶ島の教材開発の基盤は、ご在世中の故松井寛蒔先生、故長浜春夫先生のご指導によるものです。深く感謝申し上げます。また調査に協力していただき、スケッチを提供していただいた、麻布大学、神奈川工科大学、千葉大学、明星大学、武蔵野大学の学生諸氏にお礼申し上げます。

### 参考・引用文献

- 1) 文部科学省, 小学校学習指導要領理科, 告示, 2017.
- 2) 文部科学省, 中学校学習指導要領理科, 告示, 2017.
- 3) 文部科学省, 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について, 中央教育審議会(答申), 2008.
- 4) 安藤秀俊, 中学校における観察・実験の実施程度とその理由についての一考察, 理科教育学研究, 44(2), 95-100, 2004.
- 5) 三次徳二, 小・中学校における地層の野外学習の実態, 地質学雑誌, 114(4), 149-156, 2008.

- 6) 高橋典嗣・山崎良雄, 『子どもの地球探検隊』, 千葉日報社, 2009.
- 7) 高橋典嗣・河野由佳・山崎良雄, 科学体験活動「地球探検隊・丹沢」の実践, 日本学際会議学会誌（日本学際会議）, 22, 22-36, 2009.
- 8) 湊正雄・小池清, 地質調査法, 古今書院, 1954.
- 9) 藤田和夫・渡辺穰・杉村新・小島丈見・宮田隆夫, 新版地質図の書き方と読み方, 古今書院, 1984.
- 10) 高橋典嗣, 『野外地層観察の実践的指導力を身につけるための基礎』, 武蔵野大学, 2017.
- 11) 高橋典嗣, 野外地層観察の実践的指導力を身につけるための教育実践, 武蔵野教育學論集（武蔵野大学教育学研究所）, 2, 57-68, 2017.
- 12) 長浜春夫・長沼幸男・照井一明, 神奈川県城ヶ島付近における地学実習, 地学教育, 36, 2, 81-92, 1983.
- 13) 長沼幸男・長浜春夫・斉藤洋彦, 神奈川県城ヶ島付近における地学実習コース（その2）, 地学教育, 37(5), 145-154, 1984.
- 14) 長沼幸男・長浜春夫, 神奈川県城ヶ島付近における地学実習コース（3）, 古流系の面的解析例を中心とした地学教材, 地学教育, 42, 151-165, 1989.
- 15) 高橋典嗣・長浜春夫, 『城ヶ島巡検』, 武蔵野大学, 2018.
- 16) 都道府県研究会, 『地図で楽しむすごい神奈川』, 洋泉社, 4-7, 2017.
- 17) 橋本毅彦, 『描かれた技術科学のかたち』, 東京大学出版会, pp262, 2008.
- 18) 額賀淑郎, 科学論における視覚表象論の役割, 『年報 科学・技術・社会』, 一卷, 91-115, 2002.
- 19) Martin J. S. Rudwick, The Emergence of Visual Language for Geological Science, 1760-1840, History of Science, 14, 149-195, 1976.
- 20) 恩藤知典, 歴史的な見方を育てる鍵, 地学教育, 27(2), 41-45, 1974.
- 21) 片山貞昭・三宅周平, 小・中学校における自然認識の高め方, 地学教育, 27(5-6), 161-165, 1974.
- 22) 石井醸・稲森潤, 野外指導の評価, 地学教育, 32(3), 87-93, 1979.