

科学的根拠に基づく論理的思考力の育成

ふじい ひろあき いむら ゆり
藤井 宏明（中学）・井村 有里（高校）

1. はじめに

「探究的な学習」には「1- Confirmation Inquiry」、「2- Structured Inquiry」、「3- Guided Inquiry」、「4- Open Inquiry」の4つのレベルがあることが指摘されている（Banchi and Bell 2008、松原 2023）。「探究的な学習」といえば、課題設定や方法の選択等を子どもたちに委ねる第4段階が着目されがちであるが、基本に立ち返ると、教科書の記載事項は数々の研究の結果であることから、中・高等学校の『一斉授業』において、生徒達が教師の支援のもとで探究を行う第1・第2（・第3）レベルを様々な単元・題材で何度も経験することにより、基本的な科学の手順と、より高度な科学の知識・方法を確実に身につける必要があると強く考えている。

附属天王寺中・高等学校では、学び方の基礎・基本を大切にしながら、机上の学習にとどまらず、学習の場を広げ、体験を通して身につける授業を展開している。理科では、直接経験を重視しており、物理・化学・生物・地学のそれぞれに特別教室を持ち、各分野において、幅広く、観察・実験を行ってきた。磯観察や自由研究、地学実習など長年続く実習を継続しつつ、スーパー・サイエンス・ハイスクール（SSH）の指定を受けてプログラムを展開するなど、教員の世代交代や時代の流れを受けながら、少しずつ変化させてきている（大仲・濱谷 1981、柴山・浅野 1977、田中 2021、森中 2007、森中ら 2022）。Society 5.0 や VUCAといわれているこれからの時代において、決まった答えのある単なる単元理解のみをめざした教育だけでは、生徒達に自らの人生を豊かには生き抜く力を身につけさせられない。社会変革と課題解決に貢献できる人間を育成するには、答えのない問題に挑戦することや、現象から法則性を見出し、それを目的に合わせて活用する力など Engineeringな能力の育成も重要だと考える（南 2022）。

理科では、昨年度は、全体研究テーマ「コンピテンシーを軸にした中高一貫カリキュラム」の下、中・高等学校ともに「分析する力」と「表現する力」に重点を置き、「現象を言語化させ分析・表現させ

ることで生徒の資質・能力を向上させることを目指した授業」を中高それぞれで設計し実践した（堀井・山口 2022）。今年度は、全体研究テーマ「コンピテンシーを軸にした附属天王寺型STEAM教育開発」の下、他教科とのつながりをより意識しつつ、探究の基礎に軸足をおき、生徒達にとって思考の必然性のある課題を設定する単元計画を目指した。

II. 授業 I の記録

授業者：藤井宏明

学年：中学校第2学年

単元：地球の大気と天気の変化

テーマ：気象データを読み解き、社会生活とつなげる

（1）単元：地球の大気と天気の変化

①教材観

地球の大気と天気の変化の単元は日常生活に直結した単元であり、子どもたちの生活実感を伴いやすい単元の一つである。また、近年は以前のような、大規模気象災害が、様々な技術の発展とともに生じにくくなってきた一方で、依然として豪雨や豪雪、台風による災害は現在の社会生活の中でも発生する状況にある。さらに、気候変動が懸念されている現在、台風や豪雨などは今後より深刻化する可能性も指摘されていることから、本単元は日常の生活から今後の社会生活まで様々なレベルでの関わりがある単元である。

具体的な学習内容については、小学校段階において地面の温度変化や水の温まり方、空気の温度の測り方など気象学の基礎的な要素を測定しながら学習を行っている。6年生ではそれらを踏まえて衛星画像なども交えながら日本の天気の変化を現象論的に取り扱っている。そこで、中学校ではそれらの現象論的な捉え方を地球レベルでの大気の循環システムという視点と結びつけながら、物理・化学・地学的な観点から理論化・体系化する段階となる。また、この理論化・体系化は日本のみならず地球レベルでの気象学的な理解につながっており、現在進んでいる地球規模の気候変動について考える入口となる単

元である。

②生徒観

子どもたちは日々の生活の中で寒暖の差や天気の変化、時に台風などの自然災害による危険を感じながら生活をしている。しかし、これら気象の変化が気圧の変化や前線の通過、気団の変化といった科学的な因果関係のもとで生じた結果であるという認識は十分に持たずに生活をしていると考えられる。また、よりマクロな視点が必要となる地球温暖化に起因する気候の変化や異常気象については、小学校段階ではトピックとして取り上げられたり、ニュースとしてそれらの事象が起こっている様子を目にしたことがあるとしても、それらが地球規模の大気の循環や海水温の変化と密接に関連するなどといった科学的な視点を持って分析する段階には至っていない。このため、本単元では日々の生活における気象の変化を科学的な視点で捉えつつ、そこから地球規模の気候変動を生活実感と結びつけた上で科学的な視点を持って分析する力を養っていきたいと考え、授業実践を行った。

③指導観

本単元では、日々の気温の変化や天気の変化を具体的に上げつつ、気象データや天気図と結びつけて学習を進めることで、身のまわりで起こっている天気の変化が科学的な因果関係に基づいて起こっているという視点が持てるよう指導を行っていききたい。また、本単元は、気象要素や降水のメカニズム、風が吹くしくみなど基礎的な気象学を学ぶ単元でもある。これらの要素は、集中豪雨など気象災害のメカニズムを理解するものになるものである。このため、本単元の冒頭において、過去の気象災害や自分たちの住む街の気象災害のリスクを気象要素と関連させながら取り扱うことにより安全で豊かな社会生活を送るための視点を持てるようになることを目指して指導を行った。

また、附属天王寺型STEAM教育という視点において、気象という現象は理科的要素だけではなく地理的要素からも深く関連している題材である。さらに、気象災害という視点では、理科的要素や地理的要素以外に、都市部や郊外、田園地帯といった社会的な要素についても検討が必要な題材である。このため、本単元では理科という枠を超えて、多面的な視点で題材をとらえる視点も併せて養うことを目指した。

（2）単元の目標

- ・身近な気象の観察、観測を通して、気象要素と天気の変化の関係を見いださせる。
- ・大気の循環と気象現象との関連について見いださ

せる。

- ・気象現象についてそれが起こる仕組みと規則性について認識を深める。
- ・天気の変化がもたらす恵みや災害を理解し、気象現象に対して科学的な着眼点を持つことが、安全で豊かな暮らしにつながる事に気づかせる。

（3）単元の評価規準

	評価規準
知識・技能	気象の要素や大気の循環について理解するとともに、気象要素の測定や天気図の読み取りを行うことができる。
思考・判断・表現	気象データや天気図を読みとり、天気の変化を物理・化学的に予測したり説明したりすることができる。
主体的に学習に取り組む態度	気象の変化について興味・関心を持ち、社会生活と気象との関連性について見いだそうとしている。

（4）単元の指導計画

第1次 地球をとりまく大気の様子	8時間
① 大気圧の概念	2時間
② 気象要素の種類と観測	3時間
③ 過去の気象災害と自分たちの暮らす地域の災害リスク	3時間 (本時は2時間目)
第2次 大気中の水の変化	6時間
第3次 天気の変化と大気の動き	4時間
第4次 大気の動きと日本の四季	3時間

（5）研究授業の展開

（i）目標

気象災害の資料を気象の要素に着目しながら読み取り、まとめを行う事とおして、自分たちの生活を科学的に読み取ろうとする態度を養う(学びに向かう態度)

地域的な特性をふまえて、気象災害のリスクを予想したり、情報収集したりする力を養う。(思考・表現)。

（ii）準備

教員: プロジェクター・PC

生徒: 授業用プリント・教科書・ノート・ChromeBook

（iii）課題設定

本時では生徒それぞれが、自分の居住する自治体の職員となった仮定で、以下のようなパフォーマンス課題の設定を行った。

あなたは〇〇市(町・村)の防災担当職員です。住民の方の命を守るために、どのような気象災害リスクがあるのか、市民向けの講演会で公開講座をすることになりました。

公開講座は5分しかなく、限られた時間で街にはどのような気象災害のリスクがあるのかを説明をしなければなりません。

資料を交えながら、どのような状況下でどのような気象災害のリスクがあるのかを伝え、市民のみなさんの命を守る取組を行ってください。

（iv）学習過程

	生徒の活動
導入	これからの人生の中で、様々な場所での活動や生活を想起しながら、自分がいる場所にはどのような気象災害のリスクがあるのかを予想したり、そのリスクについて調べたりする力を養う必要性について確認する。
展開 1	班で自分の住んでいる自治体の気象災害にはどのようなものがあるかプレゼンテーションを行う。
	気象災害はどのような地域にどのようなものがあるのかワークシートにまとめを行う。
展開 2	生活エリアと異なる地域（富士市）の立地を地図上で確認し、その場所ではどのような災害のリスクがあるか、予想を行う。
まとめ	本時の授業を振り返る。

（6）研究授業を通して

本単元で授業を進めるにあたり、身近な気象要素の観測から授業を進めた。この中で、気象災害に密接な関連を持つ降水量や風力・風速といった要素を取り扱った。次に、これらの数値に視点を持たせた中で、近年から過去に至る日本の主要な気象災害の調べ学習を行った。生徒の中には、近年の気象災害について想定以上に内在化されていたようであり、ワークシートをとおして、多くの生徒が自分の居住地とは関連のない様々な気象災害についても意

欲的に調べている様子を見取ることができた。その上で、自分の住む自治体について調べて、プレゼンテーションを作成するというパフォーマンス課題を示し、気象災害を他人事から自分事へと結びつけることを目指した。プレゼンテーションの作成という手法は、本校全体での自由研究での発表活動と親和性が高く、熱心で豊かなプレゼンテーションを作成している様子を垣間見ることができた。

プレゼンテーションの中には、地形的要素や、アンダーパスや都市化による災害リスクなどの様々な視点を横断的に取り込んでいるものがあり、様々な視点を統合した学習活動がある程度達成できていたのではないかと考える。また、本授業をとおして、プレゼンテーションによる内容の共有により、自分の居住する地域とは異なる地勢的な特徴を持つ地域での災害リスクについて知識理解を深めることができたと考える。

最後に、これらの学習活動は、防災マップが各自自治体のホームページに掲載されており、自分のいる場所の災害リスクに対して日常的にアクセスできることを把握する機会とすることを意図して行った。将来にわたり、子どもたちが、自分や自分の所属する社会の構成員の身の安全を守り、様々な場所で活躍することを願いたい。

Ⅲ. 授業Ⅱの記録

授業者：井村有里

学 年：高等学校第Ⅰ学年

単 元：移り変わる地球

テーマ：羽毛恐竜ヴェロキラプトルの復元過程をたどる

（1）単元「移り変わる地球」

①教材観

中学校では、第二分野「(2)大地の成り立ちと変化」で、地層とその中の化石から過去の環境や地質年代の推定ができること、「(5)生命の連続性」で、現存の多様な生物は過去の生物が長い時間の経過の中で変化して生じてきたものであることについて学習している。しかし、高等学校地学基礎の地球史の単元は、全体的に暗記物としてとらえられることが多い。

古生物の中でも、恐竜はその迫力と未知性から、子供から大人まで多くの人々を魅了する動物である。恐竜の正体に迫る復元の過程には、科学技術を駆使した化石の研究に加えて、生物工学の知識や芸術センスが要求される。羽毛恐竜ヴェロキラプトルは骨格の構造は既知であるが、筋肉や羽の量、色はまだ不明である。高校生でも、根拠を集めて在

り得そうな姿を考える、という挑戦ができると思った。

②生徒観

生徒達は、これまでの生活や学習を通して、古生物の化石や復元図の写真や絵、CGを目にしたことはある。しかし、復元された姿は完成されたものであると考えており、また、骨から復元図を作成する過程を知っている者はほぼいない。

③指導観

他者と対話しながら根拠をもって主張を組み立てて結論を導くToulminの対話型論証の活動と、科学的な調査の直線的ではない性質と生徒が調査の間に様々な科学的な探究の要素に立ち戻るというKrajcikの調査ウェブの考え方を活かし、授業全体を通して、文献やデータ、議論をもとに、考察できる力を養いたい。

単元全体を通して、根拠に基づく考察を重視する。

（2）単元の目標

- ・地球・生命の歴史は、化石の研究から、古生物の変遷に基づいて区分され、組み立てられたものであることを理解させる。
- ・化石の研究には、物理学・化学・生物学の様々な知見と手法が用いられていることを理解させる。
- ・地球環境の変化に関する資料に基づいて、大気の変化と生命活動の相互の関わりを見出して理解させる。
- ・地球史を組み立てるに当たって、数多くの仮説が提示され、現在でも論争が繰り広げられ続けていることを理解させる。

（3）単元の評価規準

	評価規準
知識・技能	生命や地球環境の変化について、研究手法と既知の研究成果について説明できる。
思考・判断・表現	文献やデータをもとに、環境と生命の相互の関わりを見出して説明できる。
主体的に学習に取り組む態度	生命や地球環境の変化について興味・関心を持ち、未知の事柄についても文献やデータなどを集めて考察できる。

（4）単元の指導計画

移り変わる地球（全17時間）

第1次	宇宙、太陽系と地球の誕生（全3時間）	
	① 太陽系の誕生	2時間
	② 生命を生み出す環境	1時間
第2次	第2次 地球と生命の進化（全14時間）	
	① 先カンブリア時代	1時間
	② 地質時代の組み立て エディアカラ生物群・バージェス動物群の色塗り	1時間
	③ 古生代、長期の気候変動	2時間
	④ NHK Eテレ『ねこのめ美じゅつかん』 26歩め『恐竜の絵ってアートなの？』 パフォーマンス課題の提示	1時間
	⑤ ニワトリ手羽先の解剖	1時間
	⑥ 中生代、化石観察、Google Scholar の使い方	1時間
	講演会「パレオアーティストの仕事」	1時間
	⑦ 新生代	1時間
	⑧ 五大絶滅と生命の進化、恐竜絶滅	1時間
	⑨ 復元図の見直し	1時間 (本時)
⑩ 復元図の作成	1時間	
⑪ 復元模型展示会	2時間	

（5）研究授業の展開

（i）目標

生物として確定している部分と、根拠のある想像を区別することができる（知識・技能）

近縁種や原生生物の研究結果を用いて、存在可能な復元図を考案することができる（思考・表現）

既知の情報に着目しながら、根拠のある想像で、生物の可能性を考えようとする（学びに向かう態度）

（ii）準備物

教員：生徒復元図コピー、生徒模型作製指示書コピー、復元図プリント、色鉛筆、鳥図鑑

生徒：復元模型、教科書『地学基礎』啓林館、地学図表（浜島書店）、ラボノート

(iii) 学習過程

	生徒の活動
導入	ラボノートを見返しながら、これまでに学習したことを振り返る。
展開1	復元図の信頼性について考える。 根拠のある事柄、想像の事柄を分類し、不足している情報を追記する。
展開2	模型作製指示書の再現性について考える。 模型作製に活かされたこと、活かされなかったことを分類する。 美術選択者が想像して制作した部分について、復元図に追記する。
展開3	羽の種類、パターン、色付けに必要な情報を整理する。 根拠が不足している場合は、どのような情報を集めるべきか考える。
まとめ	12/19 展示会までに復元図と復元模型を完成させることを確認する。

(6) 研究授業を通して

生徒達は、研究授業までの横断授業の振り返りも含めてグループ内で活発に発言していた。根拠の質については、「インターネットの情報が一番信頼性が高い」と発言する生徒もいたが、授業を通して根拠の質と量の重要性について理解を深めることができた。

IV. 研究協議の記録

発表者：藤井宏明・井村有里

指導助言：大貫守先生（愛知県立大学准教授）

司会：印南航（本校中学校教諭）

テーマ：科学的根拠に基づく論理的思考力の育成

(1) 理科の取り組みと研究授業の報告

本稿に先述の本校理科の取り組みと研究授業のねらいなどについて報告した。

(2) 質疑応答

中学校に対して2件、高等学校に対して2件の質問に答えた。

Q1. (中学へ) 発表時において、スライドづくりに対する指導などの工夫はあるのか。

A1. (藤井) 内容面では、前時の授業での取り組みがあり、都市部でもリスクを考えられない生徒に対して言葉かけを行った。スライドを作成するスキルは、自由研究や各授業における発表の機会を

通して身につけていっている。

Q2. (中学へ) 未知の都市という設定でハザードマップを読み取るという課題設定をしているが、架空の都市をつくるのではなく、富士市の地図を活用した理由は何なのか。また、他教科との関わりにおいてどのような単元構成を作ってきたのか。

A2. (藤井) 未知の都市として、富士市を選択した理由は、架空のものではなく実際に存在する地図を提供することで地形の分析を行わせたいと考えたからである。題材として、学校として行事との親和性を鑑みて、生徒にとって身近な地域をという観点から選択を行った。富士市のハザードマップを生徒が検索をしてしまったことについては、防災に関する地図を探すスキルがついたことは良いことであるとも考える。ただ、同時に地形の分析を通して検討することについては、授業としてのアピールが十分指導ができなかった。本来であれば時間を確保して指導を行い、地形をもとに宿泊するのに適したのどこが良いのかなど具体的な観点から検討をさせたい。併せて、社会科をはじめとする他教科との関わりについては、本校ではカリキュラムマップを作っていないため、そのような検討は今後の課題として検討していきたい。

Q3. (高校へ) 今回の授業を通してテストやリサーチノートなどの評価をどのようにするのか。

A3. (井村) 考査は、基本的には教科書ベースの知識を重視した問題を出題し、知識・技能と思考・表現を評価する。その中でデータの読み方についての思考を問うような問題も出題したい。例えば、地層の詳細な読み取りから当時の環境を推測させたい。リサーチノートの評価は、学びに向かう姿勢の観点から指定した作業以外の部分をどれだけ取り組むことができているのかなどについても見ていきたい。

Q4. (高校へ) 復元模型の作成については、美術選択をしている生徒が、とあったがどのような形で実施しているのか。

A4. (井村) 芸術のうち美術を選択している生徒を対象に、芸術の授業の中で模型作成の時間を設定した。

(3) 指導助言

研究授業を踏まえて、学習課題としてのパフォーマンス課題とその評価について、大貫先生よりお話をいただいた。

中学校の取り組みは、学習課題を通して集団で獲得した知識や技能を新しい文脈で使う力を問う取り

組みであり、知識や技能の転移という高次の学力を問うものであった。加えて、科学を専門としない人々も含む様々な聴衆に伝える場面を設定することで、近年、科学において求められているサイエンス・コミュニケーションに類似した活動に生徒が参加していた。この活動の中では、表やグラフをはじめその他の視覚的表現を用いたマルチモーダルなデータを読み解く経験も組織されていた。パフォーマンス課題は、多くの場合で子どもたちにとっての切実性とレディネスの両者を意識して設定する必要がある。本取り組みは、市民としての日常世界の文化と科学者の文化の間を意識的に行きつ、戻りつしなければならぬ文脈の中で、物事を考え、伝えていくことが目指されていた。

高等学校の取り組みは、同じく学習課題としてのパフォーマンス課題を用いつつも、社会における真正な活動を通して科学者の文化的な活動に参加する取り組みであった。そこでは、中学校と同じく科学に関するマルチモーダルなデータを理解することで、科学的に適切な証拠を収集・組織し、ヴェラキラトルに関する適切な論を組み立てることが意図されていた。特に、羽の付け方について専門家と同じ誤謬のプロセスを経て修正していく場面も見られた。このように科学的探究に生徒が参加し、専門家と同様に失敗の過程を経ながら科学的な営みを追体験することで、生徒の思考が揺さぶられ、専門家の思考へと高められていくものであった。また、授業では日常とは異なる意味を持った単語を用いて論証する過程を通して、科学の本質的活動を体験する契機となった。

V. 今後の展望

理科に軸足をおきつつ、様々な見方・考え方を活かしながら、プロジェクト型の思考をもって目的を達成することや社会や他者に対して新たな価値を創造することができるとともに、社会や環境の変化などに柔軟に対応し、課題解決に主体的に貢献できる生徒の育成を目指す。

参考文献

- 大仲政憲・濱谷巖（1981）：生物教材としての野外実習（予報）－磯観察－。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第24集
- 柴山元彦・浅野浅春（1977）：地学野外実習について－中・高理科－。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第52集

田中真理子（2021）：附属天王寺中学校での自由研究の取組。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第63集

堀井久嗣・山口耕司（2023）：教育研究会報告 理科－教科テーマ「6年間で育成するコンピテンシーの体系化と実践」－。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第65集

松原憲治（2023）：教科等横断的な視点から拡張する探究レベルに関する予備的考察。日本科学教育学会研究会研究報告Vol. 37 No5 65-70

南勝仁（2022）：化学教育における社会人基礎力等の育成に寄与する教材開発と実践－生徒の人生を豊かにするための理科教育実践－。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第64集

森中敏行（2007）：高等学校における解剖実習。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第49集

森中敏行ら 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎SSH企画・運営委員会（2022）：探究活動に主体的に取り組む生徒の育成－生徒の主体的な活動を保証する工夫－。大阪教育大学附属天王寺中学校・大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎研究集録，第64集

H. Banchi and R. Bell（2008）：THE MANY LEVELS OF Inquiry. Science and Children, 46 巻 2 号

謝辞

本稿の授業研究の一部は、一般財団法人青松会中学・高校新教育研究助成、公益財団法人武田科学振興財団高等学校理科教育振興助成を受けています。厚く御礼申し上げます。