

理科における中学校・高等学校の接続について (Ⅱ)

—有効な学びのスパイラルと科学的思考の深化をめざして—

平賀 博之 山下 雅文 小茂田聖士 呉屋 博
柏原 林造 丸本 浩 野添 生 畦 浩二
林 靖弘 角屋 重樹 鈴木 盛久 林 武広
磯崎 哲夫

1. はじめに

学習指導要領の改訂に向けて、中央教育審議会では答申に向けての取りまとめの作業が行われている。中学校理科については配当時間数の増加が検討され、前回の改訂で削減されたイオン概念やエネルギー概念、また進化の内容が復活することが議論されている。内容の系統性が重視されるとともに、身に付けた知識や技能を活用する能力を育成することが求められている。

広島大学附属福山中・高等学校(以下、当校)では、文部科学省の研究開発学校の指定を受け、「中学校・高等学校を通して科学的思考力の育成を図る教育課程の研究開発」(平成15~17年)、ならびに「中等教育における科学を支える『リテラシー』の育成を核とする教育課程の開発」(平成18年~20年)に取り組んでいる。その中で、リテラシーの育成を「社会や生活の中で活用できる能力の育成」と捉え、教材や教育方法の開発を行っている。

この研究では、中学校から高等学校への理科における学びを検討し、科学的思考力やリテラシーの育成のためにどのような視点からカリキュラムを構築し、教材を組み立てていくか、中学校における「地学」的な内容の検討を中心に、具体的な考え方を示したいと考えている。次期学習指導要領への改訂の趣旨をどのように実現していくか、当校なりの提案を行いたい。

2. 研究の方法

昨年度の研究では、中学校段階での「地学」に関わる内容は、他の3科目の内容をベースとして展開することが、思考の深化に効果的であること。また環境問

題やエネルギー問題を地球規模で考え理解したり、自然災害を地球システムの中で捉えるといった考え方は、地学の内容的特徴である空間概念や時間概念と同様、できるだけ高学年に配置することが生徒の発達段階からも妥当であることを指摘した。

また、中学校3年生に中学校理科第2分野の「地学」的な内容を集中的に配置する教育課程の検討を行い、以下の3点の特色を有するカリキュラムとなることを指摘した。¹⁾

- ①大きな時間・空間スケールを継続して扱うことによって、系統的に時間・空間概念を形成させる。
- ②地震や火山などの自然災害について、災害を未然に防ぎ、パニックの原因をつくらないための基礎知識を与える。(防災リテラシー)
- ③複雑な現象を論理的に考え、本質を見抜く力を伸ばすために、自然を総合的・全体的に捉える能力を育成する。

この研究の第2年次にあたる本稿では、以上の考え方を基に、中学校3年生に「地学」的な内容を集中的に配置する教育課程を模索する中から、気象単元における単元構成と教材の開発、評価等について検討する。また、一部の特徴的な内容を取り上げて授業実践を行う中で、当校の研究課題である、科学的思考力やリテラシーの育成に、この教育課程の中でどのように取り組んできたかをまとめ、その成果を検証する。さらに有効な学びのスパイラルを確立し、科学的思考を深化させるためにはどのような工夫が必要か検討する、

3. リテラシーを育成する方策の検討

静岡県では「静岡の子どもに『確かな学力』を」と題した提言を、静岡県「確かな学力」育成会議（2006）が発表した。その中の「教員の指導観・授業観の混乱」では、「ゆとり」は、ゆっくりとした思索や、試行錯誤を伴う真に考えるという営みを大切に「じっくりと取り組む学習」や「学び方を学ぶ学習」のために活用すべきである²⁾ことを示している。

実際、現在の生徒たちの姿は、拙速に答えを求めようとする傾向が強い。腰を据えてじっくり考える姿勢が養われていない。受験を意識した詰め込み型の学習に慣れているためか、思考を重ねて答えを導いたり、答えのない問いを考え抜こうとしたりする気持ちが薄らいでいる。それとは逆に、反射的に答えの出るような問題には非常に強い傾向がみられる。

この研究で目指した「リテラシーの育成」のための方策として、こうした「じっくりと思考する」ことのできる活動を授業で組織することを、授業構築の第1歩とした。

他教科でのPISA型リテラシー育成の方策についても参考にしたいと考えた。有元秀文 国立教育政策研究所 総括研究官（国語）は、公開シンポジウム「中等教育段階における多面的教育測定～PISAを超えて～」の中で、「国際的な読解力を育てるための6つの対策」³⁾として、国語の授業における提案を表1の

表1 国際的な読解力を育てるための6つの提案

- ・教師が発問して子供に答えさせる一問一答型の授業から、子供同士が討論して協同的に課題を解決する学習へ転換する。
 - ・教材の細部について詳しく追求する授業から、文章の主題に密接に関わる大きな課題について考えさせる学習に転換する。
 - ・教科書教材だけを精読する授業から、本・雑誌・インターネット・新聞など多様な文字情報を収集して、課題を解決するために、資料に基づいて討論するプロジェクト型の学習に転換する。
 - ・登場人物の心情や内容の理解に重点を置いた読解の授業から、文章を根拠にして、「なぜそう書いたのか」を推論して討論する「解釈」の学習に転換する。
 - ・自分の体験や感想だけをもとにした表現や意見発表から、文章に書かれたことと自分の体験や考えを結びつけ、自分独自の意見発表をする学習に転換する。
 - ・教材を無批判に受け入れて感動させる授業から、文章表現を吟味し、具体的な根拠を挙げて、文章を評価したり批判したりする学習に転換する。
- 「PISA読解力調査で分かったこと」有元秀文 国立教育政策研究所総括研究官（国語） 公開シンポジウム中等教育段階における多面的教育測定～PISAを超えて～ 資料より抜粋

ように示している。

この中で示されている方策は、理科の授業を改善する視点としても重要であると捉えた。これらを参考にしながら、この研究における科学的なりテラシー育成の方策を次のように考えた。

- (1) 個々の生徒にじっくり考えさせる。じっくり作業をさせる
- (2) 生徒の思考の過程を重視した実験の工夫や、指導方法の改善を行う
- (3) 科学的な用語やその内容を、自分の言葉で表現させ、文章を書かせる
- (4) 本・雑誌・インターネット・新聞など多様な情報を収集し、資料に基づいて討論するプロジェクト型の学習を仕組む
- (5) 生活と結びついた内容について考察させ、理科（地学）を身近なものとして捉えさせる
- (6) 科学的な根拠に基づいて、自分の意見を形成させる・発表させる
- (7) 生徒に課題そのものを設定させる・自由にテーマを決めてまとめさせる

4. 「天気とその変化」の構成

中学校学習指導要領理科では、「天気とその変化」の単元について、次の表2のように記述している。

表2 学習指導要領における「天気とその変化」

- (4) 天気とその変化
身近な気象の観察、観測を通して、天気変化の規則性に気付かせるとともに、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の認識を深める。
ア 気象観測
(ア) 校庭などで気象観測を行い、観測方法や記録の仕方などを身に付けるとともに、その観測記録などに基づいて、気温、湿度、気圧、風向などの変化と天気との関係を見いだすこと。
イ 天気の変化
(ア) 霧や雲の発生についての観察、実験を行い、そのでき方を気圧、気温及び湿度の変化と関連付けてとらえること。
(イ) 前線の通過に伴う天気変化の観測結果などに基づいて、その変化を暖気、寒気と関連付けてとらえること。

この単元の実施にあたり、先に示した科学的なりテラシー育成のための方策を基に具体化し、次の表3のような単元を構成し、平成19年度の3年生1クラスに対する授業の中で一部を実践した。

なお、表中の学習活動の右の欄に示した「方策」は、前に示した「科学的なりテラシー育成の方策」(1)～(7)のうち、どの方策を意図して単元を構成して

表3 「天気とその変化」の単元構成

4. 天気とその変化 <21時間扱い>		
第1節 気象観測をしよう：2時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 身近なアメダスの測定地点を探す。アメダスは何を観測しているか調べる。 昔から言い伝えられてきた、気象の変化を予測することわざ（観天望気）の聞き取り調査を行う。 オスメのことわざを選定する。 	(5)
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 気象観測の機器と観測のしかたを身につける。オーガスト乾湿計を使って測定する。 資料：バイメタル温度計、毛髪湿度計、アネロイド気圧計のしくみ オーガスト乾湿計のしくみを自分のことばで記述する。 	(3)
第2節 気象の変化にはどのような決まりがあるか：2時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 4日間連続した新聞の天気図や天気予報欄を切り抜いて持ち寄る。 天気図の読み方を学び、天気の変化の特徴を読み取る。気づいたことを発表する。 	
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 学校内の気象について、百葉箱を使った継続観測を行う。 1週間程度の気温、湿度、気圧の観測結果を参考にして、気温、湿度、気圧の変化と天気の変化との関係を考える。 気温と湿度の変化の関係を、自分のことばで記述する。 	(3)
第3節 水蒸気が水に変化するのとはどのようなときか：3時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 霧や露はどのようなときどのような場所で生じるか、また、霧や露が消えるのはどのようなときか、考える。 空気中の水蒸気がどのようなときに水滴になるか実験によって調べる。 飽和水蒸気量、湿度、露点について学ぶ。 	
第2時	<ul style="list-style-type: none"> 露点を測定する実験を行う。 斑によって測定結果が異なる原因を考察する。 露点を正確に測定するためには、どのような工夫が必要か考える。 	(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> もう一度露点を測定する実験を行う。 気温が下がっていったときの水蒸気の変化について、飽和水蒸気量や湿度、露点との関係について考える。 洗濯物の乾き方と湿度の関係について考える。 	(5)
第4節 雲はなぜできるのか：3時間		
学習活動		方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> 校舎の屋上や校庭などで、雲の種類、形、動く方向、高さ、成長するようすなどを観察する。 デジタルカメラのインターバル撮影による連続写真からアニメーションを作成し、雲ができる高さや空気の動きについて考察する。 	
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ビデオを視聴し、高度が上がると空気が膨張することを確認する。 真空保存容器を使った実験を行い、気圧を下げたときに、空気が膨張すること、空気が膨張すると気温が下がること、水蒸気を満たして線香のけむりを加えると雲が発生することを調べる。 実験の結果から、空気は、気圧が下がって膨張すると気温が下がり、水蒸気が凝結することをワークシートを利用してまとめる。 	(2)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> 空気の膨張と雲の発生について、真空保存容器を使った実験の結果をもとに考察し、自分のことばで記述する。 過冷却水についてのビデオを視聴する。 雲のできる高さや露点の関係、雲の中での水滴や氷晶のようす、雨の降るしくみについて学ぶ。 	(3)

第5節 風はどのように吹くか：3時間		学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・天気図から低気圧と高気圧付近の風の特徴を読み取る。 ・気圧とは何か、気圧が生じる原理について考察する。 ・トリチェリーの実験を演示し、気圧の測定方法の原理と、気圧の単位や定義を学ぶ。 		
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・風は気圧の高いところから低いところに向かって吹くことを確認する。 ・転向力に関するビデオを視聴し、高気圧や低気圧のまわりで風はどのように吹くか考察する。 		(4)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> ・台風の構造と、風のふき方、進路予想などについてインターネットなどを利用して調べる。 ・台風による災害の特徴と防災について、わが家の台風対策をまとめる。 		(5)
第6節 前線とはどのようなものか：3時間		学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・あたたかい空気と冷たい空気が接したときの動き方をビデオ教材で確認する。 ・前線面、前線、気団について学ぶ。 ・寒冷前線と温暖前線について学ぶ。 ・梅雨前線を例に、気団と前線の関係を考える。 		
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・前線通過時の天気・気温・湿度・風向・気圧の変化をパソコンで処理してグラフを作成し、通過した前線の性質や低気圧の通り道を推定する。 		(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> ・寒冷前線の通過に伴う天気の変化について、ビデオ教材を視聴する。 ・連続した3日間の低気圧の移動や前線の様子を、天気図からトレーシングペーパーに写しとり、低気圧の発達と前線の変化について考察する。 ・寒冷前線が通過するとき、天気や風はどのようにかわるかを自分のことばで記述する。 		(3)
第7節 天気図を作成し、天気を予報しよう：4時間		学習活動	方策
第1時	<ul style="list-style-type: none"> ・気象通報を聞いて、天気図を作成するためのデータを記録する。 ・天気記号や風の記号などの記入方法を学ぶ。 ・天気図作成に必要なデータを天気図用紙に記入する。 		
第2時	<ul style="list-style-type: none"> ・等圧線について学ぶ。どのように描けばよいか、段階を追って考える。 ・実際の天気図で、等圧線を引く。 		(1)
第3時	<ul style="list-style-type: none"> ・気象通報を最後まで通して聞き、そのデータを基に天気図を作成する。 		
第4時	<ul style="list-style-type: none"> ・作成した天気図をもとに、次の日の天気の変化を予測する。 ・自分の予測について発表する。他の人の予測も参考にして、必要に応じて自分の予測を修正する。 ・実際の天気の変化がどのように変わったか記録を参照し、予測と比較する。 		(6) (3)
単元のまとめ：1時間			

いったかを示している。

内容は当校の生徒の実態を考慮し決定した。また、当校の実態として、高等学校で「地学」を選択して履修する生徒が200名中30名程度と少なく、多くの生徒にとっては大学などで自ら進んで学ぶ機会をつくらなければ、「気象」について学習する最後の機会であることを考慮した。

現段階ではまだまだ検討不足の内容もあるが、実践を進める中で改訂を進めていくことができればと考えている。

5. 開発した授業の内容例

今年度の授業での実践は、単元を通してこの形で実施することはできなかったが、特徴的な内容について、いくつかの実践を試みた。

以下では、開発した授業の内容と試行した内容について、「科学的なりテラシー育成の方策」(1)～(7)の項目ごとにまとめることとする。

(1)「個々の生徒にじっくり考えさせる。じっくり作業をさせる」ための工夫
(試行内容) 等圧線の引き方を考える

使用した教材は等圧線の引き方に関するプリントを中心としたものである。図1にその内容を示す。

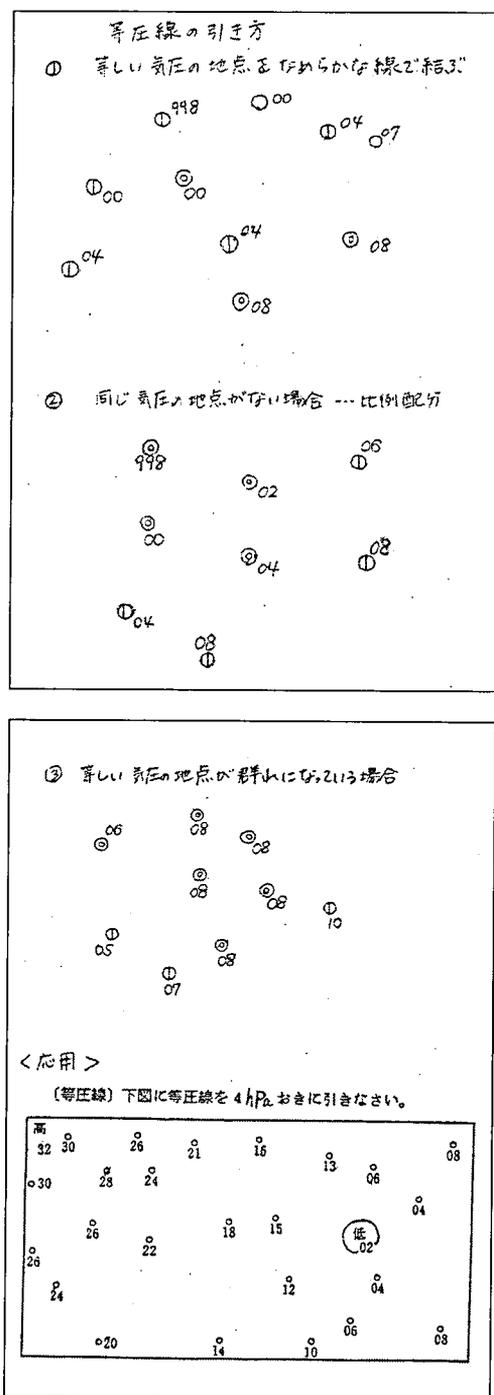


図1 等圧線の引き方に関する教材

授業では、等圧線を引く際の約束事の確認から始まり、しだいに難しい内容を含むものへ発展させていった。意図しているところは、生徒にゆっくりとした思索や、試行錯誤を伴う真に考えるという営みを大切に「じっくりと取り組む学習」に取り組ませることである。内容を欲張らず、時間の余裕を持たせ、できるまで考える。また、ステップを追って解決していくことで、すべての生徒が「できた」という達成感を得

られる内容になるように配慮した。

(2) 「生徒の思考の過程を重視した実験の工夫や、指導方法の改善を行う」ための工夫

<試行内容> 雲のでき方の実験

「水中での圧力」についての学習は、前学習指導要領では中学校の1年生で扱ってきたが、学習指導要領の改訂でこの内容が削除されたため、「大気圧」に関する概念形成が十分でないと感じてきた。そのため、気圧に関する学習を丁寧に扱うことが必要である。アネロイド気圧計などで気圧の観測を行うと、日々気圧が変化していることがわかる。ではなぜ気圧が高くなったり低くなったりするのか。その答えを、以前であれば、観測地点の上にある空気の量や密度が変化するというで理解できていたように思うが、そのあたりで、理解が進んでいない生徒が見受けられるようである。

こうした状況の中で、気象単元における気圧の扱いについて、1年での圧力に関する学習を補いながら展開する授業を考えた。

次の試案は、空気が上昇したときの雲や霧の発生を実験に基づいて、気圧の変化との関係で明らかにすることを試みたものである。

<実験1 大気圧の大きさを実感する>

○真空ポンプで容器の中の空気を抜くと、ふたがとれない

○方法

・真空保存容器にふたをして、真空ポンプで内部を減圧すると、ふたを引っ張ってもふたが取れないことを確認する。

<実験2 真空保存容器の中の気圧を調べる>

○真空ポンプで真空保存容器の中の空気を抜くと、容器内の気圧が低くなる。

○方法

・真空保存容器に高度計を入れて、真空ポンプで減圧すると、容器内の気圧が下がる（高度計の数値が下がる）のが観察できる。

・真空保存容器を利用して、高度が高くなる環境（上昇気流が生じたときに起こる現象）を実験で作り出すことができることを確認する。

<実験3 気圧が低くなったときの変化を見る>

○真空ポンプで真空保存容器の中の空気を抜くと、風船がふくらむ。

○方法

- ・真空保存容器の中に、口をしぼったゴム風船を入れて減圧すると、ゴム風船がふくらむのが観察できる。
- ・真空保存容器にゴムで口をしぼったビニール袋を入れて、真空ポンプで減圧すると、ビニール袋がふくらむのが観察できる。

○考察

- ・まわりの気圧が下がると、ゴム風船やビニール袋の中の空気が膨張する。
- 空気が何らかの理由で上昇すると、気圧が下がるので、上昇してきた空気は膨張する。

〈実験4 空気が膨張すると温度が下がる〉

○真空保存容器の中に入れたビニール袋がふくらむときに、ビニール袋の中の空気の温度が下がる。

○方法

- ・真空保存容器に、中に温度計を入れてゴムで口をしぼったビニール袋を入れて、真空ポンプで減圧すると、ビニール袋がふくらみ、温度計の温度が下がることが確認できる。
- ・真空保存容器の内部に空気を戻すと、ビニール袋がしぼみ、ビニール袋の中の温度が上がる。

○考察

- ・ビニール袋の中の空気が膨張すると、温度が下がる。逆に空気が圧縮されると、温度が上がる（断熱膨張・断熱圧縮による温度変化）。
- 空気が上昇すると、空気は膨張し、空気の温度が下がる。

〈実験5 真空保存容器の中で雲を作る〉

○真空保存容器に水とけむり（凝結核）を入れて、真空ポンプを引くと霧が発生する

○方法

- ・真空保存容器の内側を水で濡らし、さらに中に線香のけむりを入れて、真空ポンプのピストンを引いて減圧すると、容器の中に霧が発生するのが観察できる。
- ・ビニール袋の内側を水で濡らし、さらに線香のけむりを入れて口をしぼったものを、真空保存容器の中に入れて減圧すると、ビニール袋がふくらみ、ビニール袋の中に雲ができる。

○考察

- ・減圧によって断熱膨張による温度低下がおこり、水蒸気が凝結して水滴ができる。
- 空気が上昇すると、空気は膨張し温度が下がるので、水蒸気が飽和に達して凝結し、雲が発生する。

以上の一連の実験を、段階ごとに考察し、現象を確認させながら進めることで、雲ができるしくみを実験を通して筋道立てて論理的につないでいくことができると考えている。

例えば、これまでの教科書などで取り上げられてきた、丸底フラスコと大型注射器を用いて雲を作る実験と比較すると、ビニール袋の中の空気が膨張する様子は視覚で直感的に捉えやすいので、空気の膨張が温度低下を生じさせ雲ができるという、雲のでき方の本質の部分を考えさせる教材として適していると感じている。

(3)「科学的な用語やその内容を、自分の言葉で表現させ、文章を書かせる」ための工夫

〈試行内容〉「オーガスト乾湿計のしくみ」を書け

授業の最後5～10分程度で、その日の授業の内容の要点（キーワード等）を、できるだけ簡潔な文章で表現させる活動を、意識的に取り入れた。例えば、オーガスト乾湿計による湿度の測定を行った時間では、「オーガスト乾湿計のしくみを、自分のことばで書きましよう。」という課題を出し、できるだけ簡潔な文章で、学習した専門用語を的確に使って表現するように指導した。

(4)「本・雑誌・インターネット・新聞など多様な情報を収集し、資料に基づいて討論するプロジェクト型の学習を仕組む」ための工夫

〈試行内容〉「台風について調べよう」

プロジェクト型の学習を教科の授業の中で仕組むことは時間的に厳しい。そのため、本格的にプロジェクト型の学習に取り組むのは、選択理科や総合的な学習の時間にゆずり、1単元に1回でも、生徒たちが自分たちで調べる活動を取り入れたいと考えている。

この単元では、発展的な内容として台風とその防災について扱うことにしており、教師が知識を与えるのではなく、自分たちが調べてまとめる活動にしたいと考え実施した。

(5)「生活と結びついた内容について考察させ、理科（地学）を身近なものとして捉えさせる」ための工夫

〈試行内容〉「洗濯物が乾きやすいのはどっち？」

教師自身が社会の出来事に興味を持ち、生徒が関心を持ちそうな話題を提供することを意識し、その日の授業の内容と関わりの深い生活体験を関連付けるように努力している。

ここで例として示したものは、湿度に関する学習が

終わった後に、「湿度」を生活の中で捉えさせることを目的として、洗濯物の乾きやすさについて考察させる課題に取り組みさせたものである。

実施した課題は、「ある冬の日の昼間（気温10℃、湿度50%）と、夏の夕方（気温26℃、湿度70%）に、直射日光の当たらないところに洗濯物を干したとすると、乾くのが早いのはどちらか？理由も含めて説明しなさい。」とした。生活体験の豊かな生徒からは、「風の条件はどうか」といった質問も出されたので、補足として「風はどちらも同じ条件。それぞれの気温における飽和水蒸気量などは、教科書の表から読み取ること。」を加えた。実施結果については、後述する。

(6) 「科学的な根拠に基づいて、自分の意見を形成させる・発表させる」ための工夫

〈試行内容〉天気予報に取り組み

環境やエネルギー問題をテーマにした学習では、自分の意見を形成させたり、意思決定させたりする場面を持たせることが重要であると感じている。複数の立場をとりうる場面ではこうした意見形成や意思決定をおこなうことができるが、同様に、天気予報でもどのようなデータを重視するかによって、常に同じ予報になるとは限らないので、自分の意見を形成させる場として、この単元の中では最も適した内容である。

「天気とその変化」の学習の最後に、自分で天気図を作成し、その他にも雲の状況や、観天望気なども参考にしながら、集められるデータをすべて活用して天気予報をおこなわせる活動に取り組むことにした。

ただし、今年度の実践の中では学期末で時間が確保できなくなり、天気図の作成後に天気図のみをもとにして天気予報をおこなわせるにとどまった。

(7) 「生徒に課題そのものを設定させる・自由にテーマを決めてまとめさせる」ための工夫

〈例〉「天気の不思議を紹介しよう」

生徒に課題を設定させるためには、生徒への強い動機付けが必要である。生徒の自主的な活動を引き出すためには、題材を厳選することが必要である。例としてあげた「天気の不思議を紹介しよう」は、日常生活の中で起こる天気にもつわる不思議な現象を取り上げ、それを科学的に説明することに取り組みせようとするものである。例えば、「キツネの嫁入り」では、どのような条件のときに起こるのか、科学的に解明することを期待している。

今回作成した「天気とその変化」の単元計画では、単元のまとめの活動として「天気図の作成と天気予報（4時間扱い）」を当てたが、これに代わる内容として、

「天気の不思議を紹介しよう」を検討していた。

この活動はグループ活動として実施することを予定しており、課題設定、解決の場面で生徒同士の対話の場をつくることで、他者とのコミュニケーションを通じて思考力や読解力を磨くことを意図する。またレポートは、提出のみで終わらせず、全員の前で発表させて、自己評価に加えて他者による評価も行う。ほかの生徒の説明を理解できるかという「聞く力」と知識の共有、ほかの生徒を理解させられるかという「話す力」を育てる訓練にもなると考える。

しかし、実際にはこの内容を実施するためには、現在の生徒の状況を考慮すると4時間扱いではまとめきれないことが予想され、実施を断念した。年間に1回でも、こうした取り組みができればと考え、今後、他の単元でも、実施に適した内容がないか、検討を重ねていきたいと考えている。

6. 開発した授業における評価

さまざまな学力の中には、単純な知識や狭義の技能のようにペーパーテストで比較的容易に測ることができるものもある。しかし、リテラシーの育成を目指すとき、ねらいとしたリテラシーが、生徒に身についているかどうかを測ることは容易ではない。先行研究の中でもさまざまな方法が試行されているが、ここでは論述させた内容から能力を評価する方法として、身近な現象について、科学的な用語や学習の中で身につけた考え方をもとに説明させる評価問題を作成し、評価基準（ルーブリック）を準備してそれに基づいて生徒の記述を評価する方法を試行した。

次に示すのは、「3. 開発した授業の内容例」の（5）の例とした「洗濯物が乾きやすいのはどっち？」の評価におけるルーブリックである。

〈例〉「洗濯物が乾きやすいのはどっち？」におけるルーブリック（rubric）

- S：Super（期待する思考活動以上に、何かプラス a が見られる）
A A A：十分満足できる（期待する思考活動が十分見られる）
・飽和に達するまでの水蒸気量についての計算に基づいて論理的に論述している。など
A A：概ね満足できる（期待する思考活動は見られるが、未到達な部分もある）
・湿度や水蒸気量に関する計算はできているが、論述が不十分。など
A：努力を要する（期待する思考活動が見られない）の4段階で評価

・科学的な論述になっていない。未記入。など
このルーブリックにしたがって生徒の提出した課題

表4 課題の記述例

○AAAの解答

・夏の夕方

夏の夕方は、気温26℃で、冬の日の昼間は気温10℃で、夏の夕方の方が気温が高い。次に湿度を考えてみると、10℃のときの飽和水蒸気量は9.4 g/m³、湿度が50%なので、1 m³中には5.35 gの水蒸気がある。そのため残っているスペースは5.35 g/m³。26℃のときの飽和水蒸気量は24.4 g/m³、湿度が70%なので、1 m³中には17.08 gの水蒸気がある。そのため残っているスペースは7.3 g/m³。ゆえに夏の夕方のほうが、1 m³中に含むことができる水蒸気が多いことになる。この結果から、夏の夕方のほうが、洗濯物が乾くのが早いと思う。

○AAAの解答

・気温10℃だと飽和水蒸気量は9.4 g/m³、その50%は4.7 g/m³。
気温26℃だと飽和水蒸気量は24.4 g/m³、その30%は7.32 g/m³。
気温10℃、湿度50%では、あと水蒸気が4.7 g/m³入り、
気温26℃、湿度70%では、あと水蒸気が7.32 g/m³入る。
なので、より多く入る、夏の夕方(気温26℃、湿度70%)の方が洗濯物が乾くのが早い。

○AAの解答

10℃ → 9.4 g/m³ (飽和水蒸気量) ○○○○○
○○○○○
9.4 × 0.5 = 4.7
9.4 - 4.7 = 4.7
あと4.7g いるから。

26℃ → 約 24.4 g/m³
24.4 × 0.7 = 17.08
24.4 - 17.08 = 7.32
あと 6.92g

よって 夏の夕方の。

○Sの解答

・冬である：その理由は、水蒸気を受け入れられる量が、
冬9.4×0.5=4.7
夏24.4×0.3=7.32
だと夏の方が乾きやすいことになるが、夏の方はもう夕方だから、気温が下がってくる。一方、冬は昼間だから、気温が下がらない。そのため、洗濯物は冬の昼の方がよく乾く。

○Sの解答

・冬の日の昼は、9.4×0.5=4.7なので、あと4.7 g/m³の蒸発できる余裕がある。夏の日の夕方は、24.4×0.7=17.08なので、あと6.3 g/m³の余裕がある。しかし、夏の日夕方なので、この後気温が下がるのに対し、冬の日昼間なので、あまり気温は下がらないので、冬の日のほうが乾くのが早い。

を評価した。その結果は、41名中37名が提出し、

S：2名、AAA：16名、AA：10名(AA'：3名)、A：6名

(AA'は、計算はしているが、数値等にまちがいがあ

るもの)であった。それぞれの記述例を、表4に数例ずつ示す。

この課題以前に学んだ科学的用語を使って説明ができるかどうかは、科学的リテラシーとして重要な評価ターゲットとなる。今回の評価結果から見ると、評価基準に照らし合わせてAと評価した6名と、未提出の4名を除く31名は、内容の理解において、飽和水蒸気量や湿度について、おおむね理解ができていたと考えられる。

しかし、31名のうち、評価基準に照らし合わせてAAおよびAA'とした13名については、「AAの解答」の例のように、文章を使って説明することが不十分で、式で計算結果を表し、その結果のみを答えている。

普段の授業でも、小単元の区切りなど、3～4時間に1度の割合で、時間の最後5分程度を使って、その授業の内容に関わる科学的な用語を、自分の言葉で説明させることを行わせている。その際も、できるだけ身近な内容や生活と関わりのある用語を中心に扱っているが、書くことに興味を示さない生徒や、書いてもほんのひとことで終わってしまう生徒がいる。そうした状況は、特定の生徒に固定化する傾向があり、なぜ書くことができないのか、じっくり話しもしながら指導を継続するの必要を感じている。

今回ルーブリックに基づいてSと評価した2名の記述は、いずれも夏の方は夕方なので、次第に気温が下がってくるのに対し、冬の方は昼間なので、気温が下がりにくいので、洗濯物は冬の昼の方がよく乾くというものであった。

この内容に関しては、課題で設定したその時点だけでの考察ではなく、時間を動的に捉え、時間変化の中でどのようなようになるかを考察した点で、「期待する思考活動以上に、何かプラスαが見られた」と判断した。

こうしたSと評価したプラスαの思考活動は、これまで十分にくみ上げることができていなかった生徒の姿であろう。授業で扱う際にも、これまでは湿度にのみ着目し、時間を動的に捉えるという思考をおこなわせるような内容の扱いにはなっていなかったと感じる。今回の評価方法でとった、「期待する思考活動以上のプラスα」を授業にフィードバックすることが、授業をより活性化できる手だてとなりうるものであると考える。また、他の生徒の思考を深化させるポイン

トにもなると考える。

こうした手法の可能性を明らかにできたことは、本研究の大きな成果であると捉えている。

7. 成果と課題

この研究はまだ途についたばかりであり、熟成されたものになっていないが、成果として期待できる内容が、実践の中からいくつか見えてきたと感じている。

その1点目は、理科の授業を改善する視点として「科学的なリテラシー育成」の方策を示し、それを具体化した単元案を作成できたことである。また、全単元ではないが、特徴的な内容については実践を行い、確かな手応えを得ることができた。この単元構成の中では、「科学的な思考を深化させる」ことをはじめとする「2. リテラシーを育成する方策の検討」に示した(1)～(7)の方策を示したが、これらの方向性は、間違いないものであると確信を得ることができた。

2点目は、授業実践の中でリテラシーを評価する試行として実施した、「身近な現象について、科学的な用語や学習の中で身につけた考え方をもとに説明させる評価問題を作成し、評価基準(ルーブリック)を準備してそれに基づいて生徒の記述を評価する方法」がこれまで以上に、こどもたちの多様な思考を掘り起こし、授業にフィードバックすることができるという可能性を示すことができたことである。

次年度に向けて、中学校理科の地学的内容における

授業内容の検討と実践を継続しておこない、中学校3年に地学的な内容を集中的に配置する教育課程を、天気とその変化だけでなく他の単元についても検討して完成させたいと考えている。

次年度の研究では、授業実践を進めるとともに、地学的な内容以外でも、「大きな時間・空間スケールを継続して扱うことによって、系統的に時間・空間概念を形成させる。」あるいは「複雑な現象を論理的に考え、本質を見抜く力を伸ばすために、自然を総合的・全体的に捉える能力を育成する。」といった教材や指導法を開発し、それらと中学校3年生に配置した「地学的な内容」との有機的な連携をはかることができるように、教育課程の構造化を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 平賀他, 理科における中学校・高等学校の接続について—有効な学びのスパイラルと科学的思考の深化をめざして—, 広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要第35号, 2007
- 2) 提言 静岡の子どもに「確かな学力」を, 静岡県「確かな学力」育成会議, 2006
- 3) 有元秀文「PISA読解力調査で分かったこと」, 公開シンポジウム 中等教育段階における多面的教育測定～PISAを超えて～ 資料, 2005
(<http://www.p.u-tokyo.ac.jp/sokutei/pdf/200508/0508program.pdf>)