

# 「問題解決能力」育成のための模索

## - 気象分野の導入における探究活動 -

岐山高等学校 西谷 徹

### 1 はじめに

「探究活動」や「課題研究」は現行の学習指導要領でも位置付けられているが、新学習指導要領では、より一層の充実・徹底を図ることを要求している。これは、「生きる力」＝「問題解決能力」とする理科的な見地からすれば、必然的な流れであると思われる。これを受けて、本研究は問題解決能力の育成のために「探究活動」が果たす役割について考察し、そのより良い実施方法を検討した一例である。なお対象とした生徒は、理数科1年の地学選択者（理数科80名中、20名前後が毎年選択する）である。

### 2 指導者の意図

夏の暑い日に、避暑に高い山や北海道などの高緯度地方に出かけたりする。また、緯度や標高が同じような地域でも、地形的な特色から気候がずいぶん異なる。このような経験は生徒がこれまで生きてきた中で持ちうる貴重な資料である。そこで、「気温」という身近な概念について、(1)実際の気象データの分析から気温を左右する要因を理論的に、そして自主的に考察し仮説を立てていく。(2)各自の仮説やその根拠を出来る限り発表・討論し、いろいろな観点から自分の仮説を検討する。(3)仮説設定後、授業等で基礎基本を学びながら各自の仮説を検証していく。以上の目的を達成するため、次のような単元案を作成し、授業を展開した。

### 3 問題解決能力に関する単元案

時間	内容	実験・観察・実習	疑問や問題の発見	問題解決に向けて
1	実験実習 「緯度、高度による気温変化」	宿泊研修(御嶽)について回想 気象受信システムによる気温分布の確認 全国主要都市の年平均気温(資料1)および長野県内の1月平均気温(資料2)を読み、傾向を読みとる 考察した傾向を手作業でグラフ化する	北へ行くほど、山岳地帯ほど気温が低くなる  気温は標高や緯度が高くなるにつれて低くなっている。  グラフ上の点が規則的に分布している	グラフ化することで傾向を具体的に読みとる  グラフの直線の傾きが気温減率である
2	実験実習 「データ解析」	手作業によってグラフ化した「高度と気温」の相関関係を集計する 再度コンピュータを用いて「高度と気温」「緯度と気温」のデータをグラフ化し、相関関係を調べる	手作業による分析は誤差が大きい	コンピュータを用いて、正確なデータ解析が必要 分析結果から、高度による気温減率、緯度による気温減率を求める
3	実験実習 「解析結果の考察」	コンピュータを用いて行った結果を考察する	正確なデータ解析により、地域的な気温減率の違いが認められる	地域的な特徴を調べるために、気温以外の気象データ(資料3)を調べる

時間	内 容	実験・観察・実習	疑問や問題の発見	問題解決
4	実験実習 「考察内容・ 仮説の報告・ 討論」	班ごとに考察した内 容及び仮説を発表する 他の班の意見を聞いて それぞれが再度考察 を深める	「緯度と気温」の 関係から、北極や赤 道の気温が実際の気 温と大きく異なる。 「高度と気温」の 関係から、地域的な 特徴による差がある	大気の循環等の熱 の移動がある  気温以外の気象デ ータから他の要因を 考える
5	実験実習 「再考察後の 仮説」	班ごとで再考察した 結果から仮説をたてる		データの広範な解 析
6	講義 「大気の構造」	断熱膨張(冷却)実験 の演示	膨張するとなぜ冷 えるのか	断熱膨張(冷却)現 象を確認 冷蔵庫の原理につ いて考える
7	講義 「熱収支」		地球の平均気温が なぜ一定に保たれて いるのか	熱対流の簡単なモ デルを考える
8	実験実習 「直達日射量 の測定」	日射量の測定	太陽光の角度によ って受熱量はどれほ ど違うのか	仮説の検証のため に受光面を傾ける
9	講義 「大気の循環」	熱対流の演示 ハドレー循環(低緯度) ロスビー循環(中緯度)	地球の自転によっ てどのように大気の 移動が変化するのか	転向力を考慮した 熱移動の方法につ いて確認
10	講義 「雲と雨」  仮説の検証	乾燥断熱減率と湿潤 断熱減率の実験を演示  状態変化における熱 の出入り 各自がたてた仮説を 検証しあう 探求活動報告書のま とめ	新たな問題の発見	探求活動で見つけ た疑問点と絡めなが ら実験を観察 潜熱の理解  各自の研究の継続 や授業への興味関心

#### 4 授業の展開・流れと生徒の活動

##### 第1限目 緯度と高度による気温の変化(導入)

気象分野の導入として、気温や気圧の変化について尋ねてみた。ほとんどの生徒は、気温の変化に高度が関係していることを知っており、数量的な関係を知っている生徒もいた。また夏休みに御嶽へ宿泊研修に行ったときの経験を話させたり、地学準備室の気象受信システム「dekitaくん」の画面上でその傾向を確認した。そこで、本単元の第一の目標として、気温を変化させる要因である高度や緯度が具体的にどのような関係にあるのかをデータを読みとることで推測させた。

緯度と高度の分かっている日本各主要都市(49地点)の年平均気温(資料1)と、緯度のほぼ同じ長野県内各都市(29地点)の1月の平均気温(資料2)のデータを配布し、「緯度と気温」、「高度と気温」の関係を考えさせた。何人かの生徒は、グラフ化することによって相関関係を読みとることを考え、グラフの傾きから「高度と気温」の関係(高度による気温減率)を調べていた。その値は、0.50~0.75( /100m)とかなりのばらつきが

みられた。(誤差の理由は、高度 - 気温のグラフ上にプロットした点を平均して引いた直線の傾きのばらつきによるものであった)。「緯度と気温」については、「高度と気温」のグラフ化の結果を用いることを考えていたが、高度による気温減率にばらつきがあるためグラフ処理を保留した班があった。

## 第2 限目 コンピュータを用いたデータ解析

前時の「高度と気温」のグラフ化にかなりの労力を費やしたことから、気温減率の値の誤差があまりに大きかったことを受けて、再度コンピュータを利用して「高度と気温」のグラフ化・データ分析を行った。最初コンピュータへの入力に戸惑っていたが、徐々に慣れて、短時間で分析ができた。生徒たちは入力値が間違っていなければみんな同じ結果が得られることに驚いていた。(図1)

また、高度による気温減率値を用いて高度換算(海拔0m)して、「緯度と気温」の分析を行った。(図2)

## 第3 限目 分析結果の考察

前時の分析結果を出力し、班ごとに検討を加えさせた。班ごとの検討内容を把握しつつ、以下の点について考察するように指示し、気温・高度・緯度以外の気象データを参考資料(資料3)として与えた。

分析結果全般について気づいたこと、疑問点など  
グラフの平均気温減率からズレの大きな地点について  
の考察結果を検証するためにはどのような分析を行えばよいか

## 第4 限目 分析結果とその考察についての発表・検討

< 分析結果と考察内容 >

### 「緯度と気温」の関係について

グラフの傾きは、緯度による気温減率である。緯度1°あたり0.94

計算上では、北へ約110km行くと1 気温が低くなる。

1年を通して、高緯度地方ほど日射量が少ないから。

高緯度地方は赤道地方より太陽から遠いから。

この気温減率で、北極や赤道地方の年平均気温を算出すると、実際の値よりも極地方は寒く、赤道はかなり暑すぎる。

地域	計算による年平均気温	実際の年平均気温
極地方	- 20.6 (N73°)	- 12.1 (Ostrov Dikson N73°)
赤道地方	+ 48.0 (N0°)	+ 27.8 (Pontinak N0°)

今回は、日本の都市(北緯26~45°)について分析を行った。赤道地方や極地方の気温を論じるには世界各都市の気温を分析する必要がある。

赤道地方では余った熱は何らかの形で、極地方に輸送されているのでは？

グラフ上の直線からのばらつきについて、同じような緯度でも年平均気温が大きく異なる都市がいくつかある。(北海道の都市で顕著)

海流の影響(沿岸の都市では暖流であるか寒流であるかが大きな差を生むのではないか)

沿岸都市と内陸都市の気候的な違いがあるのではないか。

### 「高度と気温」の関係について

グラフの傾きは、高度による気温減率である。100mあたり0.54

高度とともにある程度規則的に気温が変化しているが、ばらつきのある都市もいくつかある。

都市周辺の地形による差異ではないか？(河川、都市部、山間部など)

同じ標高では長野県北部の方が寒い。

の「緯度と気温」で緯度1°大きくなると0.94 下がるのであるからほぼ同じ緯度といっても長野県北部と南部では緯度にして1°以上違うのであるから今回も緯度の換算をするべきである。

高度によるグラフ上の直線からのズレは、長野県北部の都市は直線よりも上側に、南部の都市は下側に分布している。

南部と北部に分けてもう一度分析し直してはどうか？

気温以外の参考資料3をみると、北部は南部に対して、降水量・雪日数 相対湿度は大きく、日照時間は短い。

#### **第5限目** 考察を受けて新たな分析結果についての再考察

「緯度と気温」の関係について

今回用いたデータは、日本国内(北緯26~45°)の気温であって、極地方や赤道地方の平均気温を論じるにはデータが十分でないとして、理科年表CD-ROMを用いて世界各国の主要都市について考察した班があった。(図3)このグラフからも低緯度地域の過剰な熱はどこかに運搬されていると考えていた。低緯度地方の気温がなぜ高いのかを検証する実験として、日射量を測定する実験において、受光面を垂直のものと、傾斜させたものについて実験を行うという案もでてきた。(後に実施)また、緯度の違いから生じる赤道地方と極地方と太陽との距離の違いについて考えた生徒は、実際に時間をかけて計算し、地球の半径ほどの距離の違いは全く関係ないことも述べた。(ここではあえてその分析について言及せず、計算を最後までさせた)

「高度と気温」の関係について

長野県の各都市の緯度換算した気温と高度との関係を新たにグラフ化した班は、各都市のグラフからのばらつきは多少小さくなったものの、その傾向は変わっていないとまとめた。(図4)ある生徒は、北部と南部のグラフ上での傾向の違いから、北緯36°以北と以南に分けて、気温減率を分析し直した。(図5,6)この結果から、北部では高度による気温減率が低く、南部では、気温減率が大きいことをまとめた。さらに、長野県の各都市の地形を地図帳から検討し、北部の都市は山脈の北西側に多く、南部の都市は山脈の南東側に多いと仮定した。気温以外の資料も考慮して、雪や降水量、湿度などが大きい北部の都市は気温減率が南部より小さいと考えた。

#### **第6限目** 授業「大気圏の構造」

各自がこれまでの探求活動で抱いた疑問や問題点、そして自ら立てた仮説を検証するために必要な基礎基本を今後の授業で学ぶ。まず、大気圏の構造を学習する中で、各圏の気温減率を学習し、断熱膨張および断熱圧縮による気温の低下・上昇を実験した。その仕組みに疑問を持った生徒のために、気体の体積と仕事との関わりを空気入れや冷蔵庫の仕組みを例に考えた。

#### **第7限目** 授業「地球の熱収支」

地球の平均気温がほぼ約14°Cに保たれていることをもとに、地球全体での熱収支が均衡していることを学んだ。さらに、緯度による熱収支の不均衡を大気や海流が補っていることも学んだ。

#### **第8限目** 生徒実験「直達日射量の測定」(仮説の検証)

緯度による太陽放射の受熱量の違いを検証するために、本来は受光面を垂直に保って測定するところを、受光面を太陽光に対して傾けて行った。

[結果] 受光面を太陽光に対して90°, 75°, 60°, 45°, 30°と角度を変えていったところ、初めはあまり有意な差が見られなかったが、入射角が小さくなると、受熱量は小さくなっていった。(一応、緯度による平均気温の違いを検証できた)また本来は受光器にフードをつけて行う実験であるが、太陽光の入射度を変えたため、フードを取り外して行ったところ、フード無しの方が受熱量は大きかった。(生徒の考察によると、散乱や反射した余分な太陽光が受光面に当たったのではないかとしている)

#### **第9限目** 授業「大気の循環」

熱気球による浮力の演示実験などから、低緯度地域のハドレー循環について学んだ。また自転によってその大気の運動が変化することも同時に考えた。さらに、中緯度地域については回転台上の水の流れから、ロスビー循環についても考察し、大気の循環が複雑なものであることを学んだ。しかし、いずれも低緯度地域の熱を高緯度地域に伝えるための現象であることを学んだ。

#### **第10限目** 授業「雲と雨」

対流圏の平均的な高度による気温減率を学んだ後、状態変化に伴う熱の出入りについて学び、大気中に存在する水蒸気の存在が気温とどのような関わりを持つかを演示によって考察する。乾燥した容器内では、減圧による気温の低下は大きい(乾燥断熱減率 $1.0 / 100\text{m}$ )、水と線香の煙を入れて減圧し、雲を人工的に発生させた場合は、気温の低下が鈍い(湿潤断熱減率 $0.5 / 100\text{m}$ )ことを学んだ。このとき、何人かの生徒は探求活動でそれぞれが仮説を立てた理論的な根拠であると感じていたようだった。最後に、フェーン現象の例をあげたときにはほぼ全員が探究活動とのつながりを意識していた。ここまでについて、各自の仮説を授業で学習した基礎事項から検討を加え、報告書のまとめに入った。

## 5 考察

過去2年間、この分野の導入にこの探究活動を行った。毎年試行錯誤を繰り返しながら今年も前述の3つの目的を持って取り組んだ。

単元に用いた授業時間は計10時間で内訳は以下の通りである。

- ・考察を含めた実験実習・・・4時間
- ・コンピュータ利用・・・1時間
- ・発表・討論・・・1時間
- ・講義・・・4時間

導入から本論への展開は、生徒に興味を抱くことができるような疑問を十分に持たせるため御嶽での研修や気象情報システムを用いて体験的、視覚的に工夫した。少ない基礎知識しか持ち得ない状況下で、平均気温などの数値データを読みとることは、生徒をやや困惑させる結果になったかもしれない。それでも実際にグラフ化することで、生徒たちは具体的な疑問を自分の中で描くことができたようだった。結果的に(1)の目的は探究活動当初は試行錯誤の繰り返しで、自主的に仮説を立てることは困難であったが、(2)の発表・討論を経て徐々に多角的に分析することが可能になってきた。また、コンピュータの利便性も十分に感じ取ったようで、煩雑なデータ処理作業から解放されて、結果について考察を加え、問題を見つけ出したり、解決方法を考えるときにも、コンピュータをさらに利用しようという姿勢が見られた。発表・討論については生徒の苦手な分野のようで、初めは遅々として進まなかったが、討論の方法を身につけるに従って、意見交換が活発にできるようになった。また、自分とは異なる物の見方・考え方に触れることによって、以後の考察や仮説の設定に少なからず影響を与えたのは確かである。この点については我々教師も含めて、一層の研究が必要であると思われる。最後に(3)については、各自が考えた仮説を検証する材料となるような授業を行った。生徒の授業に対する姿勢は前向きで、特に探究活動に意欲的に取り組んで、いくつかの仮説を設定した生徒は、その姿勢が顕著であった。また十分に仮説を立てられなかった生徒にも、その原因が解決方法や基礎知識の不足であると判断し、意欲的に授業に臨む生徒がでてきた。以下に4人の生徒の私なりの評価と生徒自身の自己評価を記した。

[A子] 自分の意見を表現・主張することが得意。学習に取り組む姿勢も前向きで、個人でよく研究をしていた。さらに、他者の意見も謙虚に受け止め、自分の仮説に応用し、検討を加えていた。

生徒自身の評価：「なぜこうなるのか」という問いに、自分で答えを探すことはとても苦労した。でも多くの人と意見を交換し考えが深められた。

[B君] 自分の意見を主張することがあまり得意でないが、発想力は豊かで、さまざまな検討をえていた。B君の意見はとんでもない方向違いもあり、よく一人で突き進んで徒労に終わることが多かった。しかし、何人かで討論する中で理論に正当性の無い案は淘汰され、やがて真理に迫っていった。

生徒自身の評価：問題を解決するためにいくつか案を考えましたが、大変な作業になった。でも仲間の協力のおかげで結構深く考えることができた。今回の実習で知識も深まったが、仲間との絆も強くなった。

[ C君 ] 自分の意見を主張することも得意で、学習に取り組む姿勢も前向き、成績も優秀である。しかし、その発言力から反論に恵まれず、行き詰まって当惑していたが、授業での旺盛な知識欲で理解を深めていった。

生徒自身の評価：知識がない状態から資料を渡され、考察したり疑問点を解決する方法を考えたりととても難しく感じた。最初は自分ではほとんど見つけ出すことができずに焦った。でも、知識を得て問題が解決できるようになると、学ぶ楽しさが分かってきた。いろいろなことをもっと知りたい。

[ D君 ] 討論があまり得意でなく、間違っていようといまいと、一部の生徒の考えで考察が終わってしまい、考察内容が乏しかった。また、授業への参加する気持ちもやや受け身的である。

生徒自身の評価：時間をかけて「気温」について考えることはできたが、授業を終えた後でも理解が十分でないところがあった。「考える」という習慣を身につける必要があると感じた。

## 6 おわりに

興味を喚起する演示実験や教材の工夫によって、外的な動機付けは果たすことができるかもしれない。しかし身の回りの自然現象や事物に対して、自ら発した「どうして」という疑問を解決していこうとする意欲や解決手段を持たせることは難しいと感じざるを得ない。また問題解決のための素養（興味関心・基礎知識・洞察力・発言力など）は生徒によってさまざまである。このような状況下で従来の画一的な講義形式の授業展開では問題解決能力を向上させることはあまり期待できない。

「生きる力を培う」＝「問題解決能力の育成」を実現していくためには、私たちは今までの授業観を見直す必要がある。興味関心の喚起を出発点に、主体的に活動し、意欲的に仮説の設定に取り組むこと。そして討論によって異なる分析方法や仮説の立て方に触れ、自分のそれと照らし合わせることでいろいろな問題解決方法を会得する。さらに各自が立てた仮説を検証するという目的で、意欲的に基礎基本の習得していく。以上の流れをもとに行った今回の実践は十分ではないにしろ、ある程度目的は達成できたと感じているし、その方向性は誤りではないと思う。

その一方で課題も多い。対象とした生徒は、理数科の1年生約20名、理科には関心が強い生徒ばかりで、かなり恵まれた条件で授業実践を行うことができたし、施設設備もある程度充実していた。それでも探究活動に際して、教師側はかなりの時間と労力を費やさなければならない。そして当然のことながら、探究活動に十分な時間を費やすために、大胆な教材の精選（重点を置きたいところにはしっかり時間をかける）を行わなくてはならない等。いずれにしても、問題解決能力の育成は、一朝一夕に達成できるものではなく、従来の授業形態の見直しから始まって、新しい「探究活動」の教材研究や実施方法などいくつかの課題を解決していかななくてはならないと痛感した。