

*以下の資料は、令和3年に福井県教育庁で行った中学校理科の研修会で用いたものに、加筆修正等、手直しを加えたものです。（使いまわしで申し訳ありません）現行学習指導要領が実施になった頃なので基本的な事項が中心で、先生方には不要なところが多いでしょうが、確認という点でお願いします。表題としての、テーマ、サブテーマは福井県からの依頼のままです。また、リクエストで地学領域を中心に記述しております。ご容赦ください。

課題と正対した考察を実現するために

— 探究的な学習過程 課題解決のプロセスにそって —

- I 新学習指導要領における学習の視点
- II 科学的な探究の過程を どう展開するか
- III 単元の学習展開と 思考の流れ

理科の目標（現行学指導要領）

○ 小学校

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、**自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力**を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、**問題解決の力**を養う。
- (3) 自然を愛する心情や**主体的に問題解決しようとする態度**を養う。

○ 中学校

自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、**自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力**を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、**科学的に探究する力**を養う。
- (3) 自然の事物・現象に進んで関わり、**科学的に探究しようとする態度**を養う。

0 はじめに

1. 「課題と正対した考察」とはどのようなことか

このテーマについて、どのようにイメージされているでしょうか。

例えば、

- ・探究の過程に沿った学習の流れ全般をイメージする
- ・予想・実験・考察で、予想と考察が対応していることをイメージする
- ・実験結果に基づいた考察ができることをイメージする

- ・論理的文章を書くことができることをイメージする
- ・原因と結果を指摘できることをイメージする

- ・比較、関係付け、条件制御、多面的分析等の考え方をつかっている

- ・具体的な観察、実験を例にあげて

化学領域で行う実験「白い粉の正体は？」で、生徒がこのように活動したら、正対していると言えるという活動内容をあげる

などなど、テーマに対するとらえ方はさまざまです。ご自身のイメージを整理しておくことが大切かと思います。

2. 学習内容のつかみ方

理科では学習のまとまりとして「単元」があります。単元は、さらに小さな学習のまとまりで構成され、最も小さい要素は観察、実験であるにとらえることができます。探究的な学習過程をつくる上では、単元全体の探究の流れと、個々の観察、実験での探究という両側面から考えることが必要です。そして、生徒が見通しをもって連続した思考活動ができるよう、要素をどのように組み立てていくかが大切です。

ある単元に関して、どのような指導の流れで進めるか、各要素をどう体系化をしていくのか、同時に個々の観察実験をどう捉えるのかなどを検討していきましょう。

(1) 単元の大きな学習の流れと体系化

例えば、1年地学では、火山、地震、地層の順に進めている教科書が多いです。

そのとき、一貫した学習の流れになるよう、

- ・基本的な知識、概念は何か、
- ・それをどのように組み立てていくか、

などを先生方がお持ちになる必要があると考えます。

例えば、2年の気象の単元では、教科書によって、配列が微妙に異なります。福井県でお使いの教科書をもとに、先生方が単元の学習の流れを組み立てていくことが、大きな探究の体系をつくることになると思います。

(2)個々の観察、実験の意義づけ

(1)を受けて、一つ一つの観察、実験がどのような意義を持つのかを明確にしていけば、学習の見通しと振り返りが可能になります。

例えば、露点を測定する実験を雲のでき方を調べる実験につなげることが、湿度、水蒸気量、飽和水蒸気量と、水蒸気が水になるという雲ができる現象を結びつけ、生徒の理解を促します。

したがって、露点を測定する実験からは、飽和水蒸気量と気温の関係をしっかり考察させることが大切です。雲のでき方を調べる実験では、空気が膨張することと温度の低下をとらえさせ、上昇気流によって空気が上空に行くと気温が下がることに考えが及ぶようにします。断熱膨張は理論的に説明しにくいので、現象からとらえるようにします。

例えば、自転車の空気入れポンプでシャカシャカ空気を入れると、根元のあたりが熱くなります。これは「断熱圧縮」。圧力が高くなると熱くなったので、圧力が低くなると冷たくなる、というように展開してみます。

これらにより、水蒸気量と雲が発生することを結び付けて、論理的な流れをつくります（このあたりは、教科書によって、学習の流れが異なる本もあります）

以上のように、「課題と正対した考察」を、単元全体の探究の流れと、個々の観察、実験での探究という両側面からとらえていけるとよいかと考えます。

I 新学習指導要領における学習の視点

1. 探究的な学習過程

学習指導要領には次の過程が例示されています。とりわけ新しいものではなく、これまでの理科の授業もこれをベースにしていました。

- | | | |
|----------------|-----|------------------|
| ア、自然の現象に対する気付き | ・・・ | 情報の抽出と整理 |
| イ、課題の設定 | ・・・ | 整理した情報から課題を設定 |
| ウ、仮説の設定 | ・・・ | 見通しをもち、検証仮説を設定 |
| エ、検証計画の立案 | ・・・ | 検証実験等の計画 |
| オ、観察・実験の実施 | ・・・ | 実験等の実施、データの収集 |
| カ、結果の処理 | ・・・ | 結果をグラフ化するなどの処理 |
| キ、考察・推論 | ・・・ | 規則性を見出す、モデル化するなど |
| ク、表現・伝達 | ・・・ | レポートや口頭で発表 |

この過程では、全体を通して「見通し」と「振り返り」が示されています

2. 理科の見かた 自然の事物・現象をとらえる視点

- ・エネルギーの柱 ・・・ 量的な視点、関係的な視点

例えば、温度や重さ、体積など、定量的にとらえる。

測定した数値をグラフにしたり、数式で表したりして、量と量の間をとらえる。

フックの法則、オームの法則、ジュールの法則などの定量的な規則性、関係性

・粒子の柱・・・質的な視点、実体的な視点

例えば、物質をその性質からとらえる。性質が違えば、違う物質である。

物質を元素とその組み合わせで考える。

物質を原子、分子、イオン、電子、陽子など、目に見えなくても存在する実体としてとらえる。

・生命の柱・・・共通性と多様性の視点

例えば、生物はさまざまな種があり、それぞれの特徴や違いをとらえる（多様性）。

植物を種子植物、被子植物など、動物を脊椎動物、哺乳類など分類できる（共通性）

細胞、DNAなど生物に共通したしくみと、種による違い

・地球の柱・・・時間的、空間的な広がり視点

例えば、地層を堆積した順序という時間的な視点でとらえたり、

地層の広がりという空間的な視点でとらえたりする。

同じように、気象現象や宇宙を空間的な広がり視点でとらえる

※これらは、それぞれの柱で固有のものではありません。

例えば、化学では、変化の前後で質量（重さ）が変わらないという量的な視点でとらえる。

化学変化の多様性とそこに共通する規則性の視点でとらえる。

地学では星の動きについて、時刻と位置の関係的な視点でとらえる。

こともあります。

3. 理科の考え方 問題解決の方法 科学的に探究する方法

理科での思考、例えば、原因と結果というような、論理的な、順序立てた思考です。その際用いる考え方には次のようなものがあります。かつての小学校での問題解決能力に相当しています。（次の 4 参照）

・「比較する」

2つのものや現象などを比べて、同じところ、違うところを見つける。

例（日なたと日かげで、地面の温まり方を比べる など）

・「関係づける」

変化とそれに関係する要因を関係づける。無関係な要因を見つける。

例（電圧を大きくすると電流が大きくなる など）

・「条件を制御する」

現象を変化させる条件が複数あるとき、変える条件を1つだけにし、他の条件は変えない。主に、実験計画で用いるが、考察場面で確認することも有効。

例（弦の振動で、音の高さと弦の長さ・太さ・弦を張る力の関係を調べるとき、弦の長さを変えるときは、太さ、力は変えない）

*振り子、てこなど、多くの実験で用いている。

- 「推論する」
何らかの根拠から結果を予想する。結果から規則性や関係性を推論する。
例（てこのつり合いで、つり合うときの結果から、つり合う条件を推論する）
- 「多面的にみる」
さまざまな視点や観点からみる。
例（光合成を物質やエネルギー、光合成する場所などから多面的にとらえる）
- 「分類する」
性質や特徴によって、まとまりに分ける。
例（生物の分類 火成岩の分類 など）
- 「順序立てる」
複数の物事を視点や観点を決めて、順序付ける。
例（地層が堆積した順序をとらえる） （月の満ち欠けの順序をとらえる）
- 「構造化する」
構成要素同士をその関係性によって構築し、全体像をつくる。
例（食べる 食べられる の関係から、食物連鎖、食物網をつくる）
- 「要素に分ける」
全体像から視点や観点を決めて構成要素を見だし、分けていく。
例（呼吸、消化、運動といった視点から、人を構成する器官を分けていく）

4. 小学校理科における問題解決の力と考え方の関係

旧小学校学習指導要領では、目標において「科学的な見方や考え方」とおさえ、各学年で「比較」「関係づけ」などの問題解決の能力を設定するとしてきました。科学的な見方や考え方というとらえ方から、今回の改訂では「理科の見方・考え方」になりました。それを受けて以下のように、問題解決の力（左側の「」内）と、考え方（右側の「」内）のように、設定しています。これまでの「問題解決能力」を「考え方」として整理したといえます。そして、問題解決能力を、新たに問題解決の過程にそって、3年は始め（課題の把握）、4年5年は中盤（課題の探究）、6年は最終（課題の解決）と段階を追って設定しています。

	【問題解決能力】	【考え方】
小3	「差異点、共通点をもとに、問題を見いだす」	「比較」
小4	「既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想する」	「関係付け」
小5	「予想や仮説を基に、解決の方法を発想する」	「条件制御」
小6	「より妥当な考えをつくりだす」	「多面的分析」

（自分がすでにもっている考えを検討し、より科学的なものに変容させる）

ここまで記したことは、新しい内容ではありません。文科省は、これまでの小学校、中学校の理科にあったことを、改訂学習指導要領では「整理した」ととらえています。このことは、3つの資質・能力を育成するという目標の記述から、ずっとつながっています。

II 科学的な探究の過程を どう展開するか

1. 探究の過程

学習指導要領では、学習過程、育成する資質・能力が以下のように示されています。

	学習過程の例	具体的内容	資質・能力（思考力・判断力・表現力）の例
課題の把握	自然に現象に対する気づき	・情報の抽出と整理	・主体的に自然現象に関わり、探究しようとする態度
	課題の設定	・整理した情報から課題を設定	・自然現象を観察し、必要な情報を抽出・整理する力 ・上記の情報から関係性や傾向を見いだす力 ・見いだした傾向等から課題を設定する力
課題の探究	仮説の設定	・見通しをもち、検証仮説を設定	・見通しをもち、検証できる仮説を設定する力
	検証計画の立案	・検証実験等の計画	・仮説を確かめるための実験計画を立案する力
	観察・実験の実施	・実験等の実施、データの収集	・実験計画を評価・選択・決定する力 ・観察・実験を実行する力
	結果の処理	・結果をグラフ化するなどの処理	・観察・実験の結果を処理する力
課題の解決	考察・推論	・規則性を見出すモデル化するなど	・結果を分析して解釈する力 ・仮説の妥当性を検討、考察する力
	表現・伝達	・レポートや口頭で発表	・振り返って推論する、改善策を考える力 ・新たな知識、モデルの創造。 次の課題の発見 ・発表したり、レポートにまとめたりする力
次の探究の過程			

2 探究の過程の取り扱い

探究の過程を授業にどう組み込んでいくかを考えてみましょう

(1)フルコースとアラカルト

探究の過程は、単元全体、ある章（小単元）、1つの観察、実験など、どこをひとまとまりとして進めるかは、さまざまです。次のような定義をしてみましょう。

フルコース ある学習について、全ての探究の過程をおさえて進めること。

アラカルト ある学習について、探究の過程の1項目だけをおさえて進めること。

フルコースで進めるのがベストですが、全ての学習内容を探究の過程をおさえながら進めることは、時間数の関係から不可能です。どこかで、軽重をつける必要があります。

領域、単元によって、扱いやすい探究の過程、扱いにくい過程があります。扱いやすいとこ

ろをアラカルトで行っていき、一年間通したら全ての過程を行っていた。これを基本とすればよいでしょう。

先生の得意なところは、フルコースで進めるのもよいでしょう。

(2) 学年の重点

中学校の学習指導要領には、各学年で重点とする学習過程が以下のように示されています。

- 第1 学年
自然の事物・現象に進んで関わり、その中から問題を見いだす (課題の把握)
- 第2 学年
解決する方法を立案し、その結果を分析して解釈する (課題の探究)
- 第3 学年
探究の過程を振り返る (課題の解決)

学年進行にそって探究の過程が順番に配置されていることが分かります。これはあくまで学年の重点として示しているのですから、他の過程も行うことが必要です。例えば、結果を分析して解釈する(考察)は2年の重点ですが、2年生以外の学年でも行うことでしょう。

3 各過程での学習

それぞれの過程でどのような学習を展開するか考えてみましょう。

(1) 自然の現象に対する気付き・・・情報の抽出と整理

自然現象を観察し、疑問をもったり、探究していこうとする問題に気づいたりする、観察した情報から、探究するための情報を抽出し、整理する、などです。例えば、

- ①初めて気づいた事象であり 自分の知識で説明することはできない(お手上げ状態)
- ②初めて気づいた事象だが、自分の知識と関連付けができそう(何とかなりそう)
- ③知っていた事象だが、自明のこととして、気に留めたことはなかった。しかし、自分の知識で説明することはできない。(ポーッとしていた状態) などがあるでしょう。

気付きの場面では、教師がさまざまな事象を提示し、それについて生徒が気付いたこと、発見したことを自由に発表します。基本的に、生徒の視点、考えを誘導はしません。せいぜい、気付かせるために「このあたりはどうなっている? どう思う?」と、事例をあげ、次の発言を求めるくらいです。とは言え、実際には多少の誘導は必要でしょう。そうでないと時間がいくらあっても足りなくなります。教師は生徒の発表を整理して、最大公約数的に共通している点をあげ、課題としてまとめるといいでしょう。

例 凸レンズのはたらき

- ①生徒に虫メガネ(凸レンズ)を渡して、自由に物を観察させ、気付いたことを発表させる。
あるいはノートに記入し、一定の時間後、発表させる
- ②発表例
 - ・物が大きく見える
 - ・遠くの物は小さく見える さかさまに見える
 - ・近くにあるときは大きく見え、遠くの物は小さく見える。
 - ・大きく見えるときはさかさまにならない。 ・ぼやけて見えることもある。

③教師「近くの物は大きく見えて上下はそのまま、遠くの物は小さく見えて、上下さかさまなんだね。他に気付いたことはないかな？ ……、机の上で虫メガネを上下に動かしたらどうかな」（誘導？）

④発表例 ・天井の蛍光灯が机に映った

・いつでもはっきり映るのではなく、あるところに虫メガネをおいたときに映る

⑤教師「蛍光灯はそのまま映っているの、さかさまに映っているの？」

「下敷きに映してみても、下敷きをあげたり、下げたりしたらどうかな？」（完全誘導！）

⑥発表例 ・映った蛍光灯の大きさが変わった

・下敷きを高くしていくと、映った蛍光灯の大きさが大きくなる（小さくなる）

・下敷きの高さによって、下敷きと虫メガネの間の長さが違うようだ

※ものを見たとき、レンズの周辺では、ゆがんで見える、ピントがとれる位置の前後はゆがんで見えるなどの発言があったとき、それを無視せずに、なるほどいい点に気付いたねと確認をします。後者の発言は、後で、実像の作図などの学習につながります。

※ここで、「映った蛍光灯」という表現を取り上げ、「このように映っている姿を『像』と呼ぶことにしよう」と用語を導入してもよいです。用語の便利さが分かります。

(2)課題の設定 …… 整理した情報から課題を設定

気づいた点から課題を設定します。その際、学習内容に沿った、共通の課題とします。

課題設定では、気付いたことを整理しながら、その後の授業展開の課題へと、つなげていかなければなりません。教師が一方向的に設定するのではなく、生徒の気づきをまとめながら、課題設定を行っていくようにします。

ここでも、課題設定を誘導するのは基本的に行いません。しかし、指導内容から離れていることなどは課題にはできないので、状況によっては、誘導せざるを得ないです。ここが、自由研究での課題設定と、授業での課題設定が異なる場面です。

例 凸レンズのはたらき

①気付いたことを確認していく

②虫メガネを通して物を見た場合と、机や下敷きに映した場合に分ける。

③教師「虫メガネを通して見たとき、近い物は大きく、遠い物は小さく見えるようだ」

「物体の位置と虫メガネの位置が変わるとき、虫メガネと像の位置が変わるようだ。」

「上下そのままに見えるときと、さかさまに見えるときがある」

「凸レンズによる像のでき方を調べる」を課題にしよう。

(3)仮説の設定 …… 見通しをもち、検証仮説を設定

これまでの中学校理科では、予想や仮説を立てるということが、あまり行われてこなかったと思います。例えば、水に電気を流したとき、気体が発生するなどの予想は不可能でしょう。

それは、予想を立てるための科学的根拠となる知識が少ないことによります。既習事項に基づいて予想できれば素晴らしいです。これまでの経験から、関連したことや似たような現象として予想する、これで及第点でしょう。多くは、思いつきになってしまいます。

しかし、思いつきであっても、予想させることは大切です。それは、観察、実験結果を進める際の目的意識、見通しが持てること、また、考察する際、予想と比較して考えることができることなど、生徒のモチベーションを維持することに役立つからです。

予想の例を見てみましょう。

例1 斜面にそって下る台車の速さは次第に大きくなっていく。経験的に、坂道を自転車で下るときの速さは増加していくからである。

例2 ばねに重りをつるしていくとき、おもりの数が多くなると、ばねののびは大きくなるだろう。ゴムを強く引くと、ゴムののびが大きくなるのと同じだと考えられる。

上の2つは、課題への予想と、観察、実験の結果に関する予想の区別はありません。

例3 課題と実験の予想を区別している場合

課題「光合成でデンプンができることについて、酸素や二酸化炭素はどのように関わっているのか」

実験「カナダモをBTB溶液に入れて、光を当て色の変化を調べる、対照実験」

課題に対しては、予想「二酸化炭素を取り入れて、酸素を出す。小学校の実験で行った」など

実験に対しては、予想「二酸化炭素を取り入れたとすると、光を当てた方のカナダモでは、

BTB溶液の色は黄色から緑色になるだろう」

(4) 検証計画の立案 …… 検証実験等の計画

中学校理科で、生徒が観察、実験を計画することは難しいです。予想でも取り上げた、水に電流を流すなど、生徒には思いつきません。特に、化学領域では安全の問題も考える必要があります。それでも、例えば、記録タイマーの使い方を学習した後、物体の運動を調べる実験計画するなど、学習してきたことを使って計画できることもあります。

計画では、次の点に留意します。

- ・何を検証するか
- ・何が分かればよいか 何を確かめられればよいか
- ・検証の方法が、実現可能な方法であること、安全であること、明確な結果が得られること
- ・解決の計画が生徒実験としては実現しにくい、計画では解決が難しい場合は指摘して、再検討をうながす。

実験計画全てを生徒が立案しなくてもよいと考えることが必要です。全体的な実験を教師が示し、部分な実験方法（例えば、発生する気体をどう集めるか、どのような植物を使うかなど）の検討や、実験の条件を検討することも有効です。

また、実際に行う実験装置を提示し、何を測定するか、どのような順序で行うかなどを考えることも有効でしょう。例えば、音の実験では条件制御、光合成の実験では対照実験の必要性に気づかせて実験をアレンジすることができます。

(5) 観察、実験の実施 …… 実験等の実施、データの収集

実験の技能は、年々低下しているような印象はありますが、それでも3年生くらいになると、相当実力はついてきます。継続は力なのだと思います。

観察、実験のときは、子どもの動作を見て、器具を適切に使っているか、順序良く操作をしているか、安全面、協力して行っているかなど、見て回り、適宜指導をします。特に、実験結

果の記録はしっかり見て、実験の妥当性を判断し、あいまいさを指摘したり、生徒の考えを聞いたりします。（これは、指導に生かす評価ですが、生徒理解の上でも効果的です）

GIGA スクール構想の先取りで、生徒一人一台のタブレット端末が使えるようになりました。実験を静止画や動画で撮影し、考察の際に繰り返し見ることで結果の確認や新しい気づきができるようになりました。顕微鏡での観察は、スケッチよりもタブレットで撮影することが中心になっているように感じます。

タブレットにアプリをインストールして、測定器として使うことも広がっています。例えば、物体の運動を動画撮影し、ストロボ写真のような連続画像にするアプリがあります。アプリのインストールは、教育委員会の許可を得る必要があるでしょうから、管理職に尋ねるといいです。（少なくとも、課金はダメでしょう）

ブラウザ上で動くシミュレーションもあります。例えば、「PhET」というサイトがあります（「PhET」で検索すれば、一番始めに出てきます）。コロラド大学が作成したいろいろなシミュレーションがあり、無料で日本語版が使えます。電流回路のシミュレーションは小学校3年の電気の学習でも使えます。ここで気を付けることが2つあります。

- ① 実験を行わず、シミュレーションだけで学習を終わらせないこと。必ず実験をします。シミュレーションをどこで使うかは、学習を帰納的に進めるか、演繹的に進めるかで決めていけばよいでしょう
- ② 現象を単純化させているシミュレーションもあり、子どもが、複雑な現象を単純な現象ととらえる危険性もあります。例えば、食物連鎖に関するシミュレーションは、遺伝現象とも絡めていて面白いのですが、これが即自然界の現象を示してはいないこと、単純化していることを指摘する必要があります。また、使用に当たっては、何らかの課題を設定して取り組ませないと、ゲームとして遊んでしまう可能性もありそうです。

さて、ちょっと、ここで観察、実験の前後を考えてみましょう。

授業で実験を行う場合、実験の準備や片づけはどうされているでしょうか。例えば、生徒実験の準備の例として、次のような方法があります。どれがよいとは一概に言えません。学年進行や実験の内容で変えてもよいと思います。

ア、教師が事前に、グループごとのトレイに器具を入れておき、生徒が取りに来る。

試薬も、測定して準備し、生徒に渡す。……過保護かなと思いますが、実験の時間が多く取れる。

イ、生徒が、実験の始めに、教卓や戸棚などから器具をもっていく。試薬も、生徒が測定してもっていく。……生徒の活動が中心であるとはいえ、時間がかかる。

ウ、理科係に、事前にグループごとの準備をさせている。

エ、試薬については、小分けした物をグループ分用意し、各グループがそこから測定して使う。

片づけでも、生徒が試験管やピーカーを洗ったり器具を戸棚にしまったりなどすべて行う方法から、生徒は何もしないで実験装置等は机の上にそのまま置いておくということまでさまざまだと思います。どれがいいとは言えません。日本の教育の特徴である「清掃」活動を考えると、「ごみはごみ箱に捨てる」「実験机は雑巾で拭く」は行ってもいいでしょう。

少なくとも、器具を破損したら、絶対に報告させることです。ガラス器具、測定器等、次のクラスの実験に支障が出ますから。そういう点で、別に実験準備一式を用意しておくといいです。例えば、導線が断線していると、どこで断線しているか見つけるのに実験時間をとられてしまいますから、電流での導線は余分に用意しておきます

(6)結果の処理 . . . 結果をグラフ化するなどの処理

・文章記述 ・表 ・グラフ ・スケッチ ・写真(画像) ・動画

ここでは、処理の際の留意点を考えてみましょう。

グラフや表にまとめられるデータなら問題はあまりありませんが、観察記録のような文章で記述した場合、生徒が得られた結果から考察する上で、重要な情報と、そうでない情報を区別するようにします。

例えば、「実験の課題に対する結果はどれか」を考えさせて重要な情報とし、それ以外は副次的な情報とします。ワークシートに実験結果を記入させる場合は、すでに情報をふるいにかけていますが、生徒がノートなどに結果を書き込んでいる場合は、情報の整理を行わせるようにします。生徒にとっては面倒でも力はつきます。そのような点で、穴埋め式のワークシートは、個人的には避けたいと思います。

写真や動画を撮影した場合は、写真がたくさんあったり、動画が長時間になったりして、処理しにくいときも出てきます。同じような画像から重要な一点を探し出せる力も必要です。子供が迷っているときは、「予想に対する答えになっている写真はどれだろう」などと話しかけ、予想と結果を対比させるといいです。

(7)考察・推論 . . . 規則性を見出す、モデル化するなど

結果からいえること(規則性など)を考える場面です。「分析して解釈する」場面です。ここでは、次の点に留意します。

- ・結果が予想や仮説に対応していたか。
- ・見出した規則性とその根拠となる結果、あるいは既習事項と関連させるなど、規則性がどのようなことに基づくのかを考えるようにすること。
- ・さらに、一般的な法則に広げていくことや、モデル化を行うこと。
- ・次に解決できたこと、できていないことを確認する。新たな課題を立てること。

結果もこちらが望んだデータが得られ、考察が順調にいくなら問題はありません。しかし、時にはとんでもない実験結果となることも少なくありません。

情報共有のアプリで、各班の結果を共有することも多くなりました。

ここでは、規則性が見いだしにくいときを考えましょう。「それなり」の対応方法を検討しておきます。

例 データがぶれているとき

① 定比例の法則

- ・各グループの結果を基にしたグラフが比例にならないとき
→ 相関関係を見る 結果がばらついていても、増加傾向がある
- ・特定のグループの結果が大きく異なる
→ その結果を除いたときの傾向を見る。異なった結果になった理由を考える

※このとき、生徒に決して言うてはいけないこと

→正しく実験を行うと比例になる 本当は比例になる など

考察の場面で生徒に言うてもいいこと

→ この実験は、なかなか難しいよね。先輩たちも苦労していたよ

何回も実験してみることが大切なんだけど、再実験の時間がないんだ

金属が酸化するときの様子 例えば、表面は酸化しているけど、中心部は酸化していないようだ。そうすると質量の変化はどうか？

② 等速直線運動

速さ一定のグラフにならない

→おおむね一定ととらえるか、摩擦などの要因を考えるか。

しだいに減少していくなら、摩擦などを考える

(しだいに増加していくなら、机のかたむきを考える?)

例 結果の「ノイズ」に着目している場合

結果の処理の段階で、結果をふるいにかけて重要な情報を取り出している場合は、この段階で生徒はノイズに目を向けませんが、「自分の発見だ」と思っているときは、そこに固執することもあります。ここでも、「課題」に対する「規則性」は何かと対応させることが大切です。

火成岩の観察で、安山岩と花崗岩を観察し、違いを調べるとき、生徒は粒の色に着目したり、安山岩の斑晶と花崗岩の中の鉱物結晶を同様にとらえ、石基に着目しなかったりすることがあります。このような場合は、視点を示して、再度観察させるのも有効です。また、写真に撮影しているなら拡大して、安山岩がすべて斑晶(粒粒)だけでできているか発問します。

なお、観察する火成岩は、典型的な火山岩や深成岩の特徴を持っているものを選んでおきます。火山岩である流紋岩に縞模様のある場合があります。そうすると、子どもは縞模様に着目し、堆積岩ととらえるおそれもあるのです。

(8)表現・伝達

・・・ レポートや口頭で発表

発表は、ワークシート、レポート、口頭発表、プレゼンテーションソフトによる提示などがあります。ここでは、

順序立てて説明する力

論理的な文章を書く力

論理的な、筋道だった言語に表す力

図や表などを紙面に配置して、ページ構成する力

などに着目して指導します。プレゼンテーション能力は全教科共通でもありますから、他教科や活動と関連付けていく場合もあります。

◎文章表現における定型文の利用

1年生や文章表現が苦手な生徒には、定型文の利用も有効です。次の例を示します。

・予想の記述

「(結果)なるだろう。その理由は(根拠)だからである。」

例「斜面上を台車が下るとき、速さは次第に速くなるだろう。それは坂道を自転車で下るとき、だんだん速くなるからという経験からである。」

* 科学的な根拠を基に予想するのは難しいです。多くの場合、経験に基づく予想です。

• 結果の記述

「(操作)したら、(結果)になった。」

例「斜面上を台車が下る運動を記録タイマーで調べたら、テープの打点の間隔がしだいに大きくなっていった。」

• 考察の記述

「(課題)について、(結果)から(結論)と考えた。その理由は(根拠)である。」

例「斜面上を台車が下るときの速さについて、記録テープの打点間隔がしだいに大きくなったことから、速さはしだいに大きくなったと考えた。その理由は、速さが大きいほど打点間隔が大きいからである。」

◎ 定型文は結果と考察の区別、根拠を示すことができることが主たるねらいと考えていいでしょう。ですから、定型文を指導する場面としては、1年生の初期、文章がまとめられない生徒への補助として用いるなどに留意することも必要でしょう。

○ 実際に展開するに当たって

自由研究の探究ではなく、設定されている学習内容に対する探究活動ですから、全てが生徒の発想で進むことはありません。一部分でも、生徒の考えを生かした進め方をしていくというスタンスでいきます。そうしないと、時間数が足りなくなりますし、理科が得意でない、好きでない生徒は負担になるでしょう。生徒が、理科はおもしろい教科であり、私たちの生活に密着している、役立っている、学びがいのある教科であると思うことが大切だと思います。

Ⅲ 単元の学習展開と思考の流れ 地学分野を例に

これまでは、中学校理科全般での探究の過程(問題解決のプロセス)をとらえてきました。ここからは、地学分野の場合で考えていきましょう。地学分野は、物理や化学に比べて実験が限られており、地層や地形の観察、継続的な気象観測、天体観測も通常の授業時間には行いにくいという側面があります。しかし、探究の過程をおさえていくことで、これらのハンディを補うことは十分可能です。ポイントは、学習の流れと探究の流れ(生徒の思考の流れ)を合わせていくことです。

1. 探究的な流れと思考の流れ

理科の学習の基本的な流れは、①課題の設定 ②予想・仮説の検討 ③観察、実験、調査 ④結果の処理 ⑤考察・推論などですが、簡略化すると

課題に対して、 予想 → 実験 → 考察 の順番です。そして、探究的に進めていく際の手法は、大きく次の帰納的な方法と演繹的な方法があります。

(1) 帰納的な方法、思考の流れ

さまざまな実験結果、事例をもとに、統一的な規則性を見出していく流れです。ここでは、いくつかの具体的な結果を基に、共通することを見いだして、全体にあてはまる一般的な規則性を導いていく方法です。

例 2年 原子分子と化学変化 物質の分解

酸化銀の分解、炭酸水素ナトリウムの分解、水の電気分解と実験を進め、そこから、ある物質から2種類以上の別の物質が生じるという反応をもとに、分解、化合物と単体、元素、原子と一般化へ導いていく流れです。

中学校では、観察、実験をもとに規則性を導きだすことが普通ですから、当然、帰納的な方法をもとにした学習が多いです。したがって、予想、仮説がたてにくいという側面があります。

予想・・・根拠があいまいになりやすい(思いつきに近い)。自分の経験から、関連したこと、似たような現象と経験的なことを根拠とすることが多くなります。ただし、中学生の予想としては、それで十分だと思います。

考察・・・いくつかの結果をまとめて行きながら、一般的な規則性を見いだす

なお、中学校の学習での帰納的な流れは、論理構成が不十分であることを知っておくほうがいいでしょう。例えば、物質の分解の実験から元素、原子の概念へつなげるとき、たった3種類の実験だけで、元素なんていう大胆な発想につなげていいの?という指摘ができます。ここには論理の飛躍がありますが、生徒からそれを指摘されることはまずないですし、飛躍を感じさせないように先生方がうまく授業を進行してきているのです。しかし、このことは意識しておくといいと思います。次の学習となる鉄と硫黄の反応や酸化、還元などで、次に述べる演繹的な思考を使えばいいです。

(2) 演繹的な解決の手法、思考の流れ

一般的な規則性から実験結果を予測し、実験で規則性を確認する。結果が法則から導かれることでないなら、新たな規則性を考える。(通常の論理的流れ)

ある概念、知識、規則性をもとに、実験を企画して行い、その結果からもとになる規則性を確認したり、新たな規則性を見出したりしていく。あるいは、ある規則性をもとに、現象を説明してくといった論理的な事項を積み上げていく方法です。数学の図形の証明方法というところからわかりやすいと思います。中学校の理科の学習では演繹的な方法は多くありません。例としては、天体の学習で、地球の自転をもとに日周運動を説明することがあげられます。

予想・・・規則性を基に結果予測を導く。科学的根拠が出しやすい。

考察・・・予想との比較から、規則性の確認と、新たな規則性の導出、あるいはもとした規則性からは説明できないことの発見

例 2年 抵抗の直列、並列つなぎと合成抵抗

直列・並列回路の電流・電圧、オームの法則から、結果を予測し、実験から法則の確認と、新たに抵抗の合成法則を導く。

※直列・並列回路の電流、電圧に関する規則性や、オームの法則の導出自体は帰納的な手法です。

※学習展開によって、どちらも可能な場合もあります。

例 1年 凸レンズのはたらき

帰納的展開 ①実験結果から、実像ができるときの光源とレンズ間、レンズとスクリーン間の距離の規則性を導く。

②実験結果から、凸レンズを通った光が1点に集まって像をつくることを見だし、光の進み方をもとに、像を作図で求める。

演繹的展開 ①光軸に平行な光、レンズの中心を通る光の進み方を確認し、規則性とする。

②実験結果を、①の法則性（実際には作図）で説明できることを予測し、実験で像ができることを確認する。

◎すでに記しましたが、中学校理科の学習は、単元全体を見れば、帰納的な方法や思考の流れです。数学の図形の証明のような論理的に構築することは難しいです。さらに、例えば、定比例の法則では、マグネシウムや銅の酸化において比例関係が成り立つことを見いだしただけで、他の化学でも成立しているかの検証がありません。しかし、それには目をつむって進めるのが中学校理科です。また、演繹的な展開は、抽象化が先にあり、1年の授業には向いていません。

実際の学習では、帰納的な面と演繹的な面が混在していますので、どちらがいいのかというようにこだわる必要はありません。帰納的に導いた規則性を次の場面で適応しようとするれば、演繹的になります。ポイントは、どのような方法をとっているか、思考が流れているかを教師が意識しておくことです。

2. 指導計画と学習内容の体系化

指導計画はおおむね学習指導要領の配列に沿って作成していきます。いわゆる「単元」の指導計画を立てる際の全般的なところから考えてみましょう。

(1) 指導計画を立てるときの基本的な考え方

指導計画を立てる上で、大まかな約束事があります。

①やさしい内容から始まり、次第に難しい内容になっていく。

例 具体的な例から 抽象化してとらえるようになっていく。

②簡単な構造から始まり、次第に複雑な構造、一般化となっていく。

例 1つだけに当てはまるという規則性から、多くの場合に当てはまる規則性に移っていく。

2力のつりあい → 力の合成 → 3力のつりあい

③後で学習する内容を使わないと解決できないことは、しない。すでに学習したことは積極的に使う。

④はじめは定性的なとらえ方から、次第に定量的なとらえ方となっていく。

指導計画は、学習内容の体系化です。学習内容をどのようにとらえ、展開していくか、授業者が学習内容をどうとらえ、解釈し、構築していくかが重要です。次のことに留意します。

①基本的な概念をもとに、知識を体系的に積み上げていくこと

②生徒の思考の流れ、順序性を考えること

③学習全体に、物語性 ストーリー性をもたせること

※ここで意識しておくことは、先生は指導計画のゴールをご存じですが、生徒は知らないということです。先生は単元の見通しを持っています。生徒は毎回、毎日が初めてです。この違い

を意識して計画を立てていくこと、さらに実際の授業でも意識することが大切でしょう。例えば、授業で生徒が見通しを持っていないような発問をして、生徒が「？」という状況になりかねません。生徒は何を尋ねられているかが分からないのです。ですから、答えようがないのです。

(2) 指導計画の流れ

指導計画の順序は、1つには決まりません。教科書でも、異なる場合が多々あります。

例 1年 化学領域で、学習順序を

○状態変化 → 水溶液 の順にする

- ・状態変化を先にするのは、1種類の単純な粒子概念で説明できるから。水溶液は溶質と水の2種類の粒子の混合をとらえるので、後にした。

○水溶液 → 状態変化 の順にする

- ・水溶液は溶質が溶けて小さな粒子に分かれていくことをイメージしやすいので先に学習する。その後、状態変化を粒子で説明する際、気体の状態を生徒が納得しやすい。

※それぞれ、それなりの考え方があり、どちらが正しいとは言えません。生徒がどのように思考していくかを考えること、先生の授業展開の方針など、さまざま理由で決定することになります。以下の場合も同様です。

例 1年 地学領域で ○火山 → 地震 → 地層 ○地震 → 火山 → 地層

例 3年 物理領域で ○力のつり合い → 運動 → 仕事 → 力学的エネルギー

→ 一般的なエネルギー

○運動 → 力のつり合い → 力学的エネルギー → 仕事

→ 一般的なエネルギー

では、電流→直列・並列回路の電流→電圧直列・並列回路の電圧→オームの法則 の流れを

電流→電圧→オームの法則→直列・並列回路の電流・電圧 としたらどう展開しますか。

生徒にどのように探究させていくかを先生が設計することで、流れが変わります。

3 指導計画 立案の実際

単元の流れ、指導計画は、単元に関する教師の考えで決まってきます。もちろん、学習指導要領や教科書の流れに沿うことが多いですが、現在の指導要領、教科書の流れが絶対ということはありません。

(1) 事例1 2年 化学変化と原子・分子

2年の「化学変化と原子・分子」は、現在はAの流れです。しかし、数十年前はBの流れでした。これらを演繹的に展開しようとしたら、Cの流れも考えられます。

A

1	物質の分解
2	原子、分子
3	化学変化と化合物
4	燃焼、酸化と酸素
5	還元と酸素
6	化学変化と熱
7	質量保存の法則
8	定比例の法則

B

4	燃焼、酸化と酸素
1	物質の分解
3	化学変化と化合物
7	質量保存の法則
8	定比例の法則
2	原子、分子
5	還元と酸素
6	化学変化と熱

C

2	原子、分子
4	燃焼、酸化と酸素
3	化学変化と化合物
1	物質の分解
5	還元と酸素
7	質量保存の法則
8	定比例の法則
6	化学変化と熱

この場合も、どれが正しいと言うことはありません。現在のAのタイプは、早い時期に原子概念を持たせ、化学式、化学反応式をトレーニングする時間が多く取れるので、採用されているように思います。昔のBタイプでは、化学の歴史的な流れに沿っていますが、化学反応式を学習しても使う機会が少なかったので、反応式の書き方が習得しにかったのです。

AやBは、どちらも帰納的な学習の流れです。Cは演繹的です。いかがでしょう、Cの流れで指導計画をお立てになりますか？ 個人的には、Cは中学生には向かないような気がします。始めに、原子、分子という抽象的な概念を導入するより、分解の実験から元素や原子の概念を導く方が、中学生には合っているように思います。逆に、高校理科は演繹型が多い印象です。

- ・具体的な化学変化をとらえるところを導入とする 化学変化の見える現象の世界
- ・原子、分子の概念を導入する 目に見えないミクロの世界（定量化）
- ・質量保存の法則、定比例の法則の位置は？ 実験的なマクロの世界（定量化）

※生徒にとって、考えやすい、理解しやすい流れは？

(2)事例2 2年 天気とその変化

単元の学習の流れは一義的に決まるのではなく、ねらいによってさまざまな展開が考えられます。同時にそれは、教師の考え方によって変わるものでもあります。教科書によって、学習の流れが異なることも不思議ではありません。2年の「気象とその変化」で比べてみましょう。下の表は、A～Cの3社の項目配列です。タイトルからおおよその内容は想像できるでしょう。例えば、

- ・今回の改訂で気象単元に移動した「圧力、大気圧」をどこで扱っているか、
- ・「空気中の水蒸気量」と「雲のでき方」に関して、どういう順序か

などに着目すると、微妙に異なっていることが分かります。それは、どれが正しい、間違いということでは、当然ありません。教科書の編集者、著者の考え方、ストーリーの組み立て方の違いによるものです。

A社

- 1 気象観測
 - (1)気象と私たちの生活
 - (2)身近な場所の気象
 - A気象要素
 - B気象観測
 - C気象要素と天気の関係
- 2 気圧と風
 - (1)気圧とは何か
 - A気圧
 - B圧力
 - (2)気圧配置と風
- 3 天気の変化
 - (1)空気中の水蒸気の変化
 - A露点と湿度
 - B雨や雲のでき方
 - (2)前線と天気の変化
 - A前線
 - B前線の通過
 - C日本付近の大気の動き
- 4 日本の気象
 - (1)日本の気象の特徴
 - A世界の中の日本の気象
 - B日本の気象を特徴づけるもの
 - (2)日本の四季
 - (3)自然の恵みと気象災害

B社

- 1 気象の観測
 - (1)気象の観測
 - (2)大気圧と圧力
 - (3)気圧と風
 - (4)水蒸気の変化と湿度
- 2 雲のでき方と前線
 - (1)雲のでき方
 - (2)気団と前線
- 3 大気の動きと日本の天気
 - (1)大気の動きと天気の変化
 - (2)日本の天気と季節風
 - (3)日本の天気の特徴
 - (4)天気の変化の予測
 - (5)気象現象がもたらす恵みと災害

C社

- 1 地球をとり巻く大気のようにす
 - (1)大気の中ではたらく力
 - (2)大気のようにすを観測する
- 2 大気中の水の変化
 - (1)霧のでき方
 - (2)雲のでき方
 - (3)空気にふくまれる水蒸気
- 3 天気の変化と大気の動き
 - (1)風がふくしくみ
 - (2)大気の動きによる天気の変化
 - (3)地球規模での大気の動き
- 4 大気の動きと日本の四季
 - (1)陸と海の間の大気の動き
 - (2)日本の四季の天気
 - (3)天気の変化がもたらす恵みと災害

3年 「地球と宇宙」 ここは、演繹的にも、帰納的にも展開できる単元です。

学習内容は、

- 観測対象は、太陽、月、星座（恒星）、金星などの惑星
- 天体の動きとしては、日周運動、年周運動
- 月の満ち欠けや、季節による太陽の日周運動の違いなど、個々の天体の特徴をとらえる
- 動きを表現する上で、地球上にいる観測者からの視点と、地球外から太陽系を見ている視点からとらえるとともに、2つの視点を関連付ける
- 太陽系、銀河系、宇宙の広がりなど

これらについて、ある教科書の指導計画、ある先生の計画を見て、先生の計画を立ててみてください。（※この部分は、演習として行っていました）

ある教科書の指導計画

ある先生の計画

あなたの計画

<p>1 太陽の日周運動 太陽の天球上の動き</p> <p>2 星座の日周運動 星座の天球上の動き</p> <p>3 天体の日周運動 地球の自転と日周運動</p> <p>4 星座の年周運動 地球の公転と年周運動</p> <p>5 太陽の年周運動 地軸の傾きと季節の変化</p> <p>6 月の運動と見え方 月の公転と満ち欠け</p> <p>7 惑星の見え方 金星の見え方</p> <p>8 太陽のすがた 太陽の表面の特徴など</p> <p>9 太陽系と惑星 太陽系の広がりなど</p> <p>10 銀河系と宇宙の広がり 銀河系 宇宙のようすなど</p>	<p>10 銀河系と宇宙の広がり 銀河系 宇宙のようすなど</p> <p>9 太陽系と惑星 太陽系の広がりなど</p> <p>8 太陽のすがた 太陽の表面の特徴など</p> <p>1 太陽の日周運動 太陽の天球上の動き</p> <p>5 太陽の年周運動 地軸の傾きと季節の変化</p> <p>2 星座の日周運動 星座の天球上の動き</p> <p>4 星座の年周運動 地球の公転と年周運動</p> <p>3 天体の日周運動 地球の自転と日周運動</p> <p>6 月の運動と見え方 月の公転と満ち欠け</p> <p>7 惑星の見え方 金星の見え方</p>	<p>あなたの計画</p>
--	--	---------------

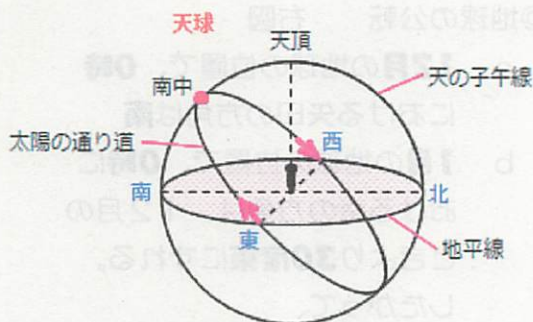
指導計画を立てる上での着目点を考えてみましょう。例えば、地球の自転と日周運動、公転と年周運動、地軸の傾きを季節という感じですが。全体の流れと、個々の要素、そのつながり、生徒の思考の自然な流れで組み立てるようにします。（繰り返しになりますが、教員の思考の流れではなく、生徒の思考の流れです） そうすると、無理な順序性が見えてきます。

①身につける知識、概念、技能は何か

・事象のとらえ方（視座）

a 天球：地球が中心で天体が周りをまわる。右図

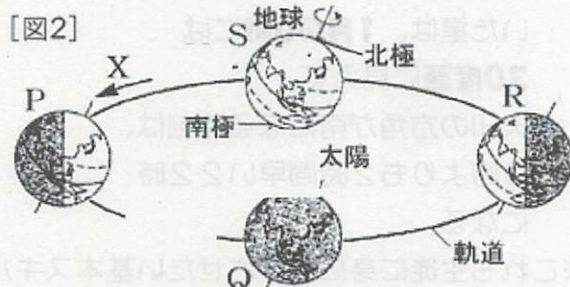
・東西南北の方角の確認



b 地球、太陽、月などの位置関係：

太陽を中心に地球、月、惑星が周りをまわる。右図2

- ・地球の自転の向きと、自転周期
- ・地球の公転の向きと、公転周期
- ・地軸の傾き

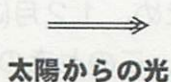


・事象を説明するためのツール

◎地球の自転から

地球上の観測者の位置によって、時刻と方角が決まる。右下図

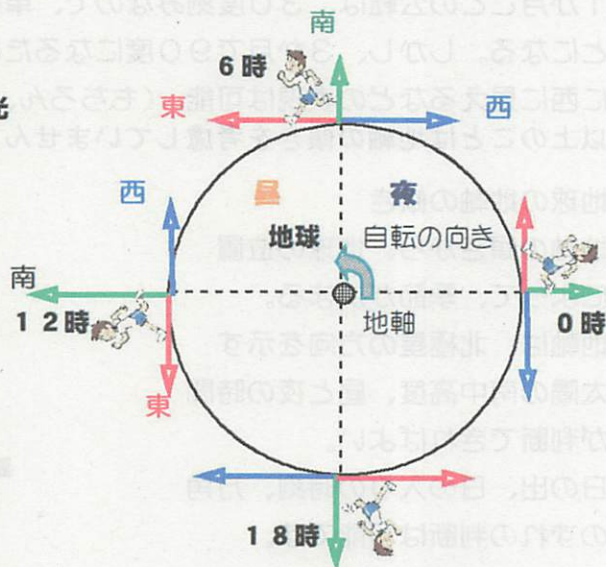
a 太陽の光を受けるのが、昼
陰になるのが、夜



b 昼と夜の境目が、日の出、
あるいは、日の入り
(自転の向きから、どちらになるかを判断する)

c 日の出の位置にいる観測者の時計は6時を示している。
日の入りは18時。

d ここから、観測者の位置と太陽との位置関係で、時刻が決まる。12時や0時など。



☆これで、観測者の位置と、その時刻が決まった。

e 6時の位置の観測者から見て、太陽のある方角は東（日の出は東）、反対側が西

f 東西が決まるので、その間の方角が南、北は北極の方角

☆これで、日の出のときの方角が決まったので、観測者の位置と方角を決める。

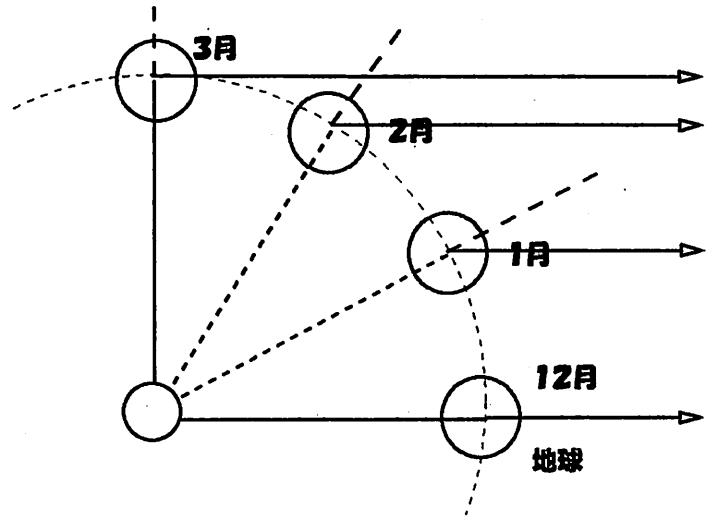
○南、北の方角が、図には示しにくいので、地球儀で確認する。

地球儀上に、小さな人形を張り付け、顔を自転の向きに合わせて、地球を自転させながら、方角を確認するといいです。顔の前頭部の方角が東。後頭部が西、というように。

このようにして、太陽と地球の位置関係、自転の向きから、観測者の位置による時刻、方角を判定することができる。これが、生徒が身につける基本スキルとなる（主に日周運動）。

◎地球の公転 右図

- a **12月**の地球の位置で、**0時**における矢印の方角は**南**
- b **1月**の地球の位置で、**0時**における南の方角は、12月のときより**30度東**にずれる。
したがって、
 - ・12月に矢印の方角に見えていた星は、**1月の0時には30度西**に見える。
 - ・矢印の方角が南になる時刻は、0時よりも2時間早い**22時**になる。



※これも生徒に身につけさせたい基本スキルです（年周運動）。

※南と西の間で90度。南と南西の間で45度 というように方角は45度刻み
1か月ごとの公転は、30度刻みなので、単純に方角が言えない。角度で表すこと
になる。しかし、3か月で90度になるため、12月に南に見える星が、3月
に西に見えるなどの表現は可能。（もちろん、このときの時刻は同じ）

※以上のことは地軸の傾きを考慮していません

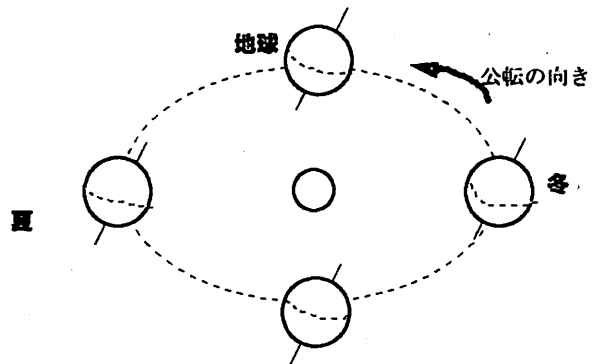
◎地球の地軸の傾き

- ・地軸の傾きから、地球の位置によって、季節が決まる。
- ・地軸は、北極星の方向を示す

※太陽の南中高度、昼と夜の時間が判断できればよい。

日の出、日の入りの時刻、方角のずれの判断は可能です。

北極星



②必要な考え方は何か

地球上の観測者から見た

○天体の位置（天球上で天体が見える時刻、方角、高度）と

○その時の地球の外から見たときの観測者の地球上の位置

（地球、太陽、天体等の位置関係）を

相互に置き換えてとらえること（立体的な把握、座標変換）

このことを、学習指導要領の解説では、「観察者の視点（位置）を移動することで、天体の運動と見え方を関連させて捉えることができるようにする」と書かれています。

以上のことを観測データから見出してまとめていけば帰納的な流れ、始めに自転、公転から、視点の移動等で確認してそれをもとに観測データを説明すれば、演繹的な流れになります。実際の授業では、両方を用いていることが多いかもしれませんが。ただ、教師が意識しておくことは、課題解決の流れをおさえる点で大切です。

4 指導計画を立てるにあたって コンセプトマップの利用

初めて指導する単元の場合は教科書通りに進めるのが無難でしょう。しかし、2回目以降なら、単元の要素を洗い出して、構造化してはどうでしょうか。

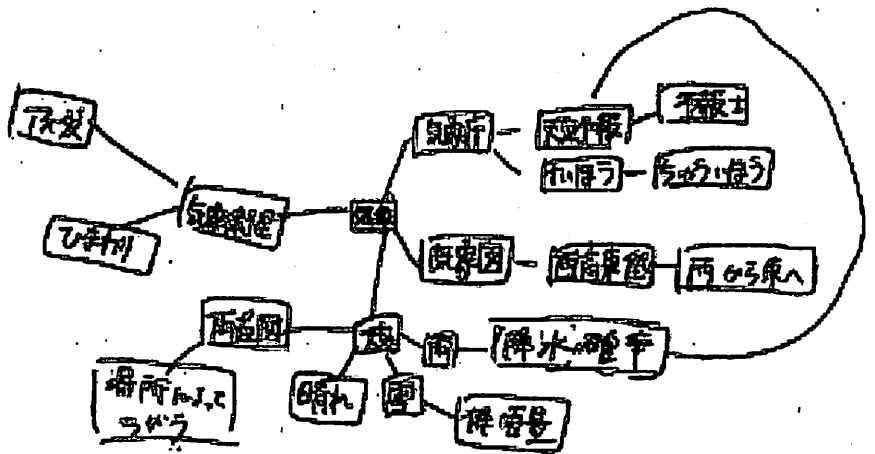
先にあげたのは、「指導項目の順序」だけの検討でした。しかし、実際の指導では、各項目を学習するために必要な知識、学習課題の設定、基本的な知識や概念、課題からの予想、観察・実験、考察する視点や思考スキル、表現方法など、教師がおさえることは多岐にわたります。

何だか難しく、めんどろなことのように見えますが、それほどではありません。これらは、すでに先生方の頭の中にインプットされているのです。それを具体的に構造化すればよいのです。

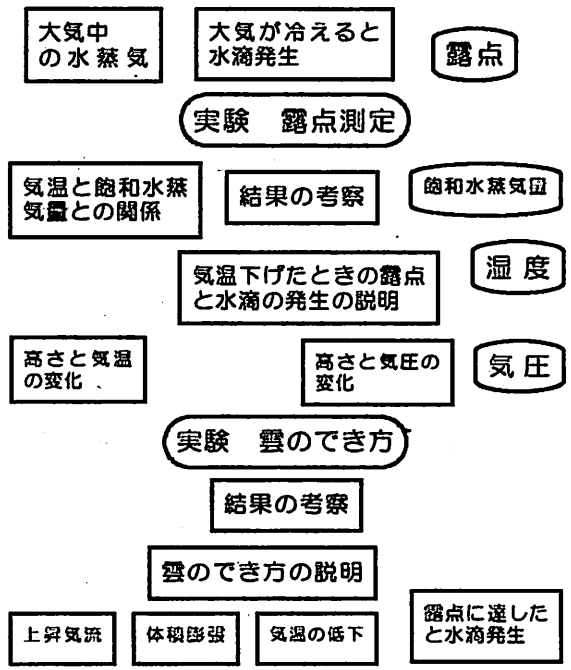
そこで、コンセプトマップ（概念地図）を使って、指導計画を立ててみましょう。

(1) コンセプトマップとは？

コンセプトマップは、もともと生徒が学習したことをまとめるために用いられました。学習したことを図で表現し、バラバラの知識ではなく、概念の構造化を図ります。ひとまとまりの学習後にマップを書き、次への課題の見通しを立てることもできます。また、これをもとに評価も行います。



上の図は、生徒が気象について作成したコンセプトマップの例です。枠の中に用語や現象などを書き、それらを矢印で結んでいます。覚え書きを線で結んだようです。マップは書いた本人が一番よく分かっており、他の人から見ると暗号解読のようなところがあります。生徒が書いたマップを教師が読み取るのはけっこう大変です。もともと、他の人に説明するために作るのではないからです。しかし、マップを詳しく見ていけば、生徒がどのように理解しているのかを探ることができます。（評価資料になります）



右の図は、気象単元で、雲のでき方の指導計画を立てるために作成したマップです。どのようなストーリーで展開しているか考えてみてください。

雲とは何か、雲ができるための条件とは何かを考える流れになっています。

17ページで紹介した、教科書にある学習配列と組み合わせ、個々の学習要素のつながりを組み立てていくとよいと思います。

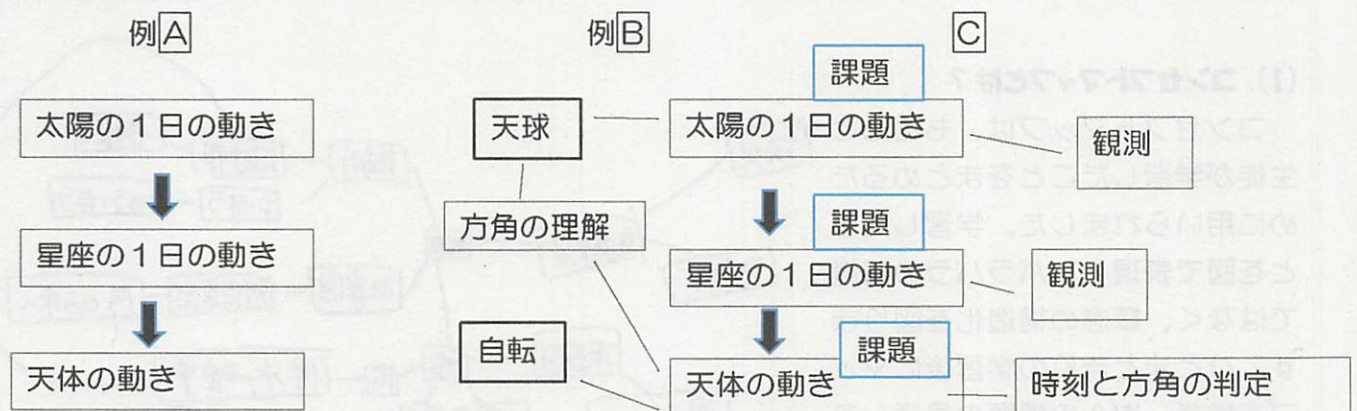
これを、地球と宇宙の指導計画の作成に使ってみましょう。簡単な例をもとに考えてみましょう。

まず、その单元の中で学習することを先生の考えにそって書き出してみます。次に、それを矢印で結んで、順序をつけます。(ここまでは、先に行ったことですね) 例A

そうしたら、基本となる知識・概念、観察や実験などを付け加えてみましょう。例B

さらに、互いに関連することをつなげていきます。例C

先生個人の覚え書きですから、他の先生には分からなくてもかまいません。このマップをもとに、指導計画を立てていきます。指導計画の書式はさまざまですから、指導書などで確認してください。



(2)コンセプトマップのネタ

それでは、「地球と宇宙」の指導計画で、先生がマップに書き込む内容(項目)を考えてみましょう。(※この部分は、演習して行っていました。)

例えば、下の表のようなことが考えられます。

天体等	天体の動き等	天体の動きのとらえ方(視座)
地球	地球の自転 地球の公転	天球上の動き(観測者) 概念 東西南北の判定 知識
太陽	1日の動き(日周運動)	観測結果と天球上の動き 思考
惑星	1年の移り変わり(年周運動)	太陽を中心とする動き(地球外) 概念 観測結果と天球上の動き 思考
月	地軸の傾きと季節等の関係	観測者からの時刻方角判定 思考 観測者と地球外との視座の変換 思考
星座の星 恒星	日食 月食	地球の動きと月、金星の見え方 思考
銀河系 銀河	月の満ち欠け 見える時刻	銀河系外からの視座 概念
(人工衛星)	金星の見かけの形、大きさ 見える時刻と方角	
	銀河系の動き	

学習の課題や、用いるスキルなどの例として

学習課題	各項目の課題設定
観察、観測	太陽 星座 月 金星 太陽からの熱放射 等
思考スキル	共通点相違点の比較 動きと時間、方角の関係付け 観測者の視座の移動 等
数学的処理	時刻の計算 月日の計算 自転、公転の時間と回転角度 傾きの角度 等
小学校との関連	3年 太陽と地面 4年 月と星 6年 月と太陽

以下は、福井県の研修で、事前に受けた質問や意見に対する回答です。

理科主任会でのご意見についての私の考え

○実験が作業になってしまっている。

○実験のねらい、目的を生徒が把握していないと、やらされる作業になってしまいます。
例えば、実験前に結果を予想させることで、生徒は実験のねらいをとらえることができると思います。

○導入で課題の見つけさせ方が難しい。

○課題を生徒自らが見いだすことは難しいです。少なくとも、見出す課題は学習内容に沿っている必要があるので、教師からのヒントといった誘導、生徒の気づきから教師が一つの課題にまとめていくなど、教師の何らかの誘導も必要になります。例えば、教科書の導入などを活用して、何を調べていくかを明確にするとよいです。
その際、調べることはできるだけ「これとこれを調べる」と、具体的にすることです。

○一つ一つの内容の流れは意識しているが、流れの持続に難しさを感じる。

⇒具体例を教えてください。

○単元全体の流れをストーリー化しておくことが有効です。そのとき、基本となる知識や概念に基づいて、観察、実験等で見いだした内容を付加し、体系化していくとよいです。

例えば、日周運動と年周運動をつなげるとき、日周運動では、星座、太陽、月の日周運動を区別し、個別に考えてから、最後に統一して自転から日周運動をとらえる方法があります。年周運動では、星座の年周運動と太陽の年周運動を、星座と地球の位置関係、太陽と地球の位置関係を区別して考えるようにします。最終的に、地球と太陽、星座の位置関係を、地球の自転、公転から総合的にとらえるようにすると、日周運動、年周運動につなげやすくなります。(事例をご参照ください)

なお、指導者側が常に意識しておくことがあります。教師は何を学習するかという内容をすでに理解しています。でないと、当然授業は進行できないですから。他方、生徒は毎回、毎日が新しい内容で、学習に対する見通しをもっていません。ですから、この違いを意識しておかないと、ストーリーがうまく構築できません。教師にとってのストーリーではなく、生徒にとって学習しやすいストーリーである必要があります。

さらに、教師は内容を理解していますから、生徒が理解できないと、どうして分からないのだと、その責任を生徒に押し付けてしまうことがあります。生徒がどこで理解しにくいのか、それを教師が把握しておく必要があります。例えば、天体の学習で、視点を観測者に置いた場合と、地球外に置いた場合、相互に関連付けることは生徒にとってかなり難しいです。基本的なスキルとして、丁寧に説明することが求められるでしょう。

教師が予想もしないところで生徒は停滞していることもあるのです。評価がCになる生徒への支援として意識しておきたいです。私の経験では、「年周運動」という表現をしたために、「日周運動」の意味は分かるけど、「年周運動」の意味が分からないという例がありました。そこで、「一年間の星の位置の移り変わり」という表現を使い、毎日天体を観測したとき、同じ時刻に天体が見える方角がどう変わるか、あるいは同じ方角に天体が見える時刻がどう変わるかということだと説明しました。生徒がちょっとしたことで理解しにくい状況を私が分かっていなかった例です。また、立体空間の把握ができないために停滞することもおおくあります。

もちろん、間違っ理解している場合はそれを修正することが必要です。よく知られた誤った理解の事例として、バットで打ち上げられたボールに働く力を問うと、ボールに働く重力の他に、ボールが進む向きに対する力をあげる生徒がいます。これは、力のベクトルと速度ベクトル（あるいは運動量のベクトル）を混同しているためですが、このような説明ではもちろん、生徒には分かりません。抽象的な概念は理解するまでに時間がかかります。1年での力の学習、2年での磁界による力などを積み上げ、3年の慣性の法則で理解が深まると思います。このような生徒の誤概念、理解する上での壁を、教師は事例を集め、把握しておくことが求められると考えます。

○イオンが苦戦している

なぜ、この実験をするのか生徒は理解していない。

○例えば、食塩水に電流が流れることから、水溶液中の電流の正体を考えます。このとき、固体の食塩は電気を通さない、純粋な水は電気を通さないことから、電流の正体は自由電子ではないことを想定します。次に、電気分解から、水溶液中で原子等が電気を持った状態にあるという仮説を立てます。そして、新たにイオンの概念を導入します。

ただ、実際の電気分解では、水溶液中の陰イオンが電気的な力で陽極に引き寄せられるのではないので（このあたりは、従来の説明のしかたの誤りです）、あまり深入りせず、さらっと流した方がいいでしょう。そして、イオン、原子構造を説明してから、イオンの現象を捉えていくといいと思います。（学習では電気分解に深入りせず、電池を中心にしています）

面白いところで、生徒はいわゆる「マイナスイオン」と言われているものを「陰イオン」と考えていることよくあります。「マイナスイオン」はイオンではありません。

○単元をつらめくストーリー

生徒のモチベーションアップにつながるストーリーをたてたい。

○日常生活や社会との関連をもたせることが、よく言われています。例えば、天体の学習では、「はやぶさ」と小惑星探査の例などをあげて、地図も海図もない、航空路もない宇宙空

間で、どうやってたどり着いたのだらうと投げかけるのもいいかと思います。また、はやぶさが行った小惑星の形は不規則なのに、地球や月は球体であるのはどうしてだらうと問うのもいいです。

また、例えば、エベレスト山脈から貝の化石が見つかります。そこから、ここは大昔、海だったと分かります。しかし、標高数千メートルの位置まで海水面が来ていたのでしょうか。大昔、海ではあったのですが、その後その土地が隆起して、標高数千メートルになったということを考えていいと思います。そのとき、プレートの動きで、インドがアジア大陸衝突し、強く押したからエベレスト山脈になったことなどを話すと、プレートの意味が分かりやすくなるでしょう。日本では、伊豆半島が本州に衝突した例があります。

地学単元は実験することが少なく、観察することも限られるので、事例を示して考えることが有効かもしれません。

○深い学びのイメージを広げるのに適した単元はないか。

⇒具体例を教えてください。

○学習展開次第で、どの単元も深い学びに広げるのは可能です。先生ご自身が、生徒が深い学びをしていると評価するのは、どのような場合なのかをイメージしておくことが必要だと思います。例えば、生徒が複数の事例を関連付けて、統一した説明をすることができたとか、学習したことを、別の課題に適應して解決していくことができたとか。

例えば、天気予報で、どうしてピンポイントで予報ができるのか問いかけ、どうすれば詳しい予報ができるのかを考えさせるのもいいでしょう。たくさんの気象要素が必要だということに気づかせます。そして、気象要素を細かいメッシュで調べ、スーパーコンピュータで計算することで可能になったことを示し、気象現象の中の法則性を考えるのも一方法です。

(日本で最大級のスーパーコンピュータは気象庁にあるのですね)

○50分という制限やテストなど現実的な問題がある中で、どう対応していくのか。

流れや単元構成は大事だと分かるが、教科書を流すのが精一杯なのが現実。

○単元によって、扱いの軽重をつけることも有効です。すべてを探究的にすることではなく、重点的に行います。通常は考察の場面は探究的になりますが、ときには、教師の説明で進めていく場合もあるでしょう。先に示した、フルコースではなく、アラカルトで進めるのです。

生徒に身につけさせたいのは、多くの科学的な知識や技能よりも、自らが科学的に探究していく力でしょう。知識基盤社会と言われることがあります。現代は知識はインターネット等で、簡単に分かります。子どもたちにつけるべき力は、様々な知識や技能を使いこなす力、何が妥当で何が妥当ではないのかを根拠をもって判断できる力だと考えます。入手した知識の妥当性を判断できる力です。

必要以上に発展的内容に入らないことも有効です。発展的な内容はともすると、探究よりも知識の伝授になることがあります。詳細を教えたい気持ちは分かりますが、本質的に子どもが考えていくための援助にならない知識なら、あえて触れないことも大切でしょう。他方、発展的な内容に触れることで、必修部分の理解が深まることもあります。例えば、運動の学習で、加速度というとならえ方は有効でしょう。このあたりの判断は、ちょっと難しいです。