

令和5年度「理科モデル授業オンライン研修会」合同研修会概要

2023年8月10日（木）13時00分～17時00分

会場：埼玉大学教育学部コモ棟110実験室

岐阜大学教育学部理科実験室

参加：54名（大学内47名、オンライン7名〔教員34名、学生20名〕）

## 1 開会の挨拶

(1) 小倉康 埼玉大学教育学部教授

本日は「知って良かった教材や指導法の工夫」について、岐阜と埼玉から、理科教員としての知識と経験の豊富な先生を講師に迎えて行う合同研修会である。対面とオンラインでの実施で、ぜひお一人おひとりに充実した学びが実感できる研修会にできればと願う。

(2) 中村琢 岐阜大学教育学部准教授

理科の授業をどのように展開するかという理科モデル授業オンライン研修会とは異なり、本日は教材の工夫や活用に力点を置いた特別な企画である。長いお付き合いの経験豊富な先生方との研修会を開くことができ、嬉しく感じている。楽しい学びの機会としていただきたい。

## 2 セッション「知って良かった教材や指導の工夫」

〈1〉岐阜セッション① 講師 南部浩一氏（岐阜市立茜部小学校長）

「心にひびく理科授業の在り方～理科教師としての34年を振り返り、これだけは伝えたい～」

理科授業でめざしたことは、子どもの心をゆさぶり、子どもの記憶に残すことである。そのキーワードは、実物、本物、面白さ、動作、学ぶ意味。

### I 記憶に残る

子どもたちには理科室で活躍するだけでなく、日常生活でも自然に興味を持って問題を解決できる子になってほしいと考えている。心が動いたとき記憶に残る。そこで、実感・驚き・感動・喜び・満足などといった、心を動かす授業実践を行ってきた。実践例の一部を紹介する。

[実践1] 実寸大柱状図で感動を（第6学年 大地のつくり）

問題「学校の地面の下はどうなっているのだろうか？」山がない、崖がない羽島市で、学校の敷地内を実際に掘ったり、ボーリング試料を活用したりして、地層の広がりについて調べた。教材に透明アクリル板、透明シートに印刷した地図を活用し、柱状図をアクリルパイプに巻き付け、同じ地層を糸でつなぎ、地層の広がりについて考えた。学校の地下の実寸大柱状図（30m）を廊下に広げ、子どもたちは歩数を調べたり、寝そべて自分の伸長と比較したりした。また校舎の屋上から垂らした、実物に近い図を眺め、地層の空間的な広がり、時間的なスケールの長さを体感した（図1）。今後はVR技術やAR技術で、これらのものが、より擬似的に見られるようになるかもしれないと期待する。

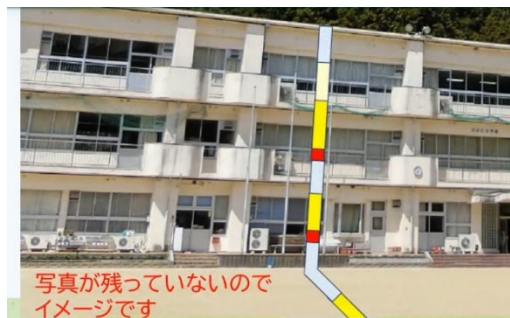


図1 実寸大柱状図（30m）

[実践2] 二酸化炭素が水に本当に溶けるんだ（第6学年 物の燃え方と空気）

問題「炭酸水から出る気体は何だろうか？」「二酸化炭素は水に溶けるのか？」この確認のため、3mのアクリルパイプ内に、ガラス管をゴム管で繋げた3mのガラス管を入れた教材を作成。二酸

化炭素の泡がアクリルパイプの天井に沿って上がっていく様子を観察し、二酸化炭素の泡が小さくなっていく様子から二酸化炭素が溶ける様子を実際に理解することができた。

【実践3】 作って読んで楽しい4コマ漫画～単元のまとめの学習として～

単元のまとめにおいて、学んだ内容を盛り込んだ4コマ漫画作りやイメージ図や紙芝居づくりに挑戦。子どもたちが学んだ内容を盛り込むことで、学習内容の振り返りとなる。学んだ内容を基にストーリーを考えることで、創造的な活動へ導き、作品を発表し交流することで、仲間からの賞賛を得られる。満足感・自己有用感へとつながる教材の工夫を行った。

【実践4】 体を使って表現させる動作化（第4学年 物の体積と温度、とじこめた空気と水）

【実践5】 授業で学ぶ意味を知らせる（第6学年 電気と私たちの暮らし）（個別最適な学び）

プログラミングの学習において「プログラミング的思考」の理解やその思考を働かせるために、教材「テキシコーチャレンジ」（NHK 教育テレビ参考）の活用や「禁断のヒントカード（自作）」を活用した。

## II 授業で使える技

- ① 考える訓練・話す訓練：授業に緊張感を持たせ、参加を促す技「全員立ちましょう。」「自分の考えがまとまった人から座りましょう。」「自分の考えを話した人から座りましょう。」「授業の振り返りをしましょう。」「他の子はどう思う？」
- ② ズームイン・ズームアウト：実験開始後の場面で、目の前の児童の指導援助に入るのではなく、学級全体を見渡して活動の様子を見る（ズームアウト）、心配な子のところへ行き、指導援助する（ズームイン）、少し離れて見届ける（ズームアウト）。この繰り返しにより支援を届ける。
- ③ 指導援助（声のかけ方）：実験・観察中の場面で、「すごいね～」と声を掛けるのではなく、子ども自身の良さの自覚を促す。「どうして〇〇しているの？」（顕在化）、「なるほど！いい調べ方だね！」（価値付け）、「その調子で頑張ってるね！」（方向づけ）など。

【質問】 発問において意識的に取り上げていることがあったら知りたい。

【回答】 急に質問された時、授業者が慌てて回答をすると、当てはまらないことがある。敢えて時間を取り、「皆も考えてみよう」と声を掛けつつ自分の考えを整理してから話すことにしている。慌てて続けて回答しようとする、まとめきれずに繰り返しになりがち。日ごろから「おちよける先生」のキャラクターを出している。授業の中でわざと間違えても認め合える寛大さを伝えている。緊張する授業では、授業者が本当に焦ったり間違えたりしがちになるので、その時、安心して対応可能な小技導入を日ごろから心掛けている。

【質問】 プログラミング教育の際、子どもたちにどのような声掛けをしているのか。また子どもたちが選択できる2枚のヒントカードの使い方や活用について知りたい。

【回答】 ヒントカード2の存在は予め子どもたちには伝えていない。レベルの異なるヒントを2種用意しており、その時の生徒の理解度に応じて、声掛けや提示、使い分けを進める。ヒントカード1では基本的な内容についてのヒント、ヒントカード2は子どもが本当に困っており、理解度が低い場合、「実はもう1枚、禁断のヒントカードがあるけれどどうする？」と尋ねる。子どもたちにその必要性をその都度確認の後、提示するようにしている。



図2 禁断のヒントカード

【質問】 4コマ漫画はどのように評価するのか？

【回答】 当時の評価規準ですが、行動観察により「関心意欲態度」面での評価と、記述分析により「知識理解」面での評価をしていました。学習面と意欲面の評価です。捉え間違えの場合は声を掛けてもう一度見直しをさせる。学んだことを表現する意欲を評価している。漫画として面白い点も評価。授業後でも取り組みが見られ、「新作ができた。」と新たに次の続きを考えて持ってきてくれた子どももいた。絵が苦手な生徒には棒人間でも良いと伝え、取り組ませる。

【終わりに】

子どもたちに日常生活でも疑問を持ってほしいと感じて取り組んでいる。台風、高潮、水面が上がる現象があるが、授業の中では「水は押しても体積が変わらない」と学習している。こういうことに対して「どうしてなのか？」と考えるのが楽しい。

## 〈2〉埼玉セッション① 講師 杉山直樹氏（さいたま市立田島小学校教頭）

「理科授業における不易と流行～ICT とものづくり」

### 1 理科における ICT 活用【流行】

この先 ICT をどのように活用していくかが重要な課題だと考えている。毎日毎時間の ICT 活用が当たり前になりつつある。スマホの活用は情報を得るとき、情報を発信する際にはパソコンを活用している。

理科と ICT の相性は比較的良いと言われてきた。予想や結果の共有がしやすく、動画や写真での記録が有効である。結果の処理においては、様々なアプリ（地図、計算処理等）が利用可能であり、直接、観察実験できない事象に対して、充実した動画コンテンツが利用できるなどの特徴が挙げられる。一方で、ノート、タブレット、教科書、実験器具を机上面に扱うなど、机上面のものが増えてしまうことが課題であると考えられる。

### 2 ICT 活用のメリット

GIGA スクール構想で一人1台端末の活用により、その有効な活用法について、より考える必要性が出ている。予想や実験結果の共有、動画や写真の活用が可能なメリットがある。科学では記録がとても重要で、理科の実験内容の記録を記すノートづくりは大切である。一方、実験における予想や実験結果の共有において、ノートに書いてあることとタブレットに保存の内容を同時に見ることはできない課題もある。この点において、Microsoft OneNote の活用実践により、有効性が見えつつある。

[OneNote 実践事例の紹介]

これまでのノート同様、1 サイクルの問題解決を 1 枚のページにまとめることができ、一つのファイルにまとめられるので、効率よい振り返りが可能である。問題、予想を必要に応じて記入したり移動させたりすることができる。必要な情報を必要な時にその都度子どもたちに送ることができる。共同編集や写真を撮って張り付けが可能であり、記録の後からの編集も可能である。B5 に収める必要がなく、ページに際限がない。教科においてノートの必要性がなくなるのは算数ではないかと考えている。



図 3 OneNote の活用紹介

### 3 問題解決と課題解決【不易】

理科は問題解決を大切にしている教科である。教科によって「問題」と「課題」の捉え方が異なる。理科のものづくりを「課題解決」として取り組んできた。ものづくりは、小学校各学年の理科で2種類以上行うことが求められているが、実際には行われていない。面倒だからである。勉強した性質を用いて新しいものを作ることは難しい。今回の学習指導要領では、目的をもって作ること、作ったものが思ったものになっているのか計測して制御（調整）せよとなっている。このものづくりは、家庭科に似ている。

「これまでのものづくりは、その活動を通して解決したい問題を見出すことや、学習を通して得た知識を活用して、その理解を深めることを主なねらいとしてきた。今回、学んだことの意義を実感できるような学習活動の充実を図る観点から、児童が明確な目的を設定し、その目的を達成するためにもものづくりを行い、設定した目的を達成できているかを振り返り、修正するといったものづくりの活動の充実を図ることが考えられる。」（小学校学習指導要領解説理科編 指導計画の作成と内容の取扱いより一部抜粋）

#### 4 課題解決としてのものづくりの例

単元：燃焼の仕組み

目的：5分間燃え続けるランタンづくり・・・明確な目的をもった教材例の紹介

ペットボトルのランタンの中にろうそくを入れ、5分間燃え続けること。サーキュレーターを使用して、どの向きから風が当たっても火が消えないこと。キャップは閉めた状態で作る。

#### 5 理科の見方・考え方に対する疑問

現行の学習指導要領が公示されてから6年目。理科の見方・考え方についての議論は尽きない。先生が教えるものでないのか、評価はしないのか、勝手に育成されるはずはないよね、教師の価値づけでよいのかなど。そこで、理科の見方・考え方を働かせやすい教材の提供を心掛けている。

#### 6 理科の見方・考え方を働かせた教材例

単元：ものの温まり方

- ・空気と水の温まり方は似ているが実験方法は異なる。
  - ・水の温まり方：水の温まり方を示温インク等を用いて調べる。水が温まるときの水の動きを、おがくずなどで調べる。温度変化と対流により移動して上から温まっていくことが観察できる。
  - ・空気の温まり方：空気の温まり方を温度計を用いて調べる。空気が温まるときの空気の動きを煙などで調べる。
- 水の動きと温度変化をセットで見ることができる。

(QRコードから動画教材が活用可能)



図4 示温インクを用いた空気の温まり方

**【質問】** 理科の授業におけるアナログの「紙のノート」はなくなつては困ると考えているし、なくならないだろうと考えている。子どもがどのように思考したか、子どもの考えが残っているノート作りを重要視している。デジタルになった時に結論だけが残り、思考の過程がアセスメントしにくくなった。子どもの思考の過程はどのように今後診ていきたいと考えるか？

**【回答】** 自分の思考を図解することは、手書きでなければできないと考える。それを写真に撮り、記録として入れ込むことは可能。(児童が) 学びの過程を(振り返って) 見るとき、1冊のノートを使い終え、次のノートを使い始めた際に、使い終えたノートをどれだけ活用するかと考えると、意外とその時だけであることが多い。本当は学びの積み重ねを見ながら学習を深めるこ



とが好ましいと考える。なくならないかという捉え方ではなく、使ってみて、使用方法や目的に応じて、ノートか端末かを選ぶことが大切だと考える。この先ノートか端末かを選択する時代が来るかもしれない。まず授業者がそれぞれの特徴を知っておく必要があると考える。

【質問者】意外と子どもはアナログを選んでいる。同感で、取り組みの中で良い方法を選ぶとよいと考える。

【質問】問題と課題、「問題」は小学校理科、「課題」は中学校理科のイメージがあるが、他の分類の考え方があれば教えて欲しい。

【回答】指導要領上は小学校で「問題」、中学校では「課題」と表しているのでは。考え方として、小学校ではわからないものに対してどのようにアプローチするのかという点で「問題」。一方で家庭科などのようにゴール地点がわかっていたり、モノづくりのようにゴールがわかっている、そこに向けて展開したりする場合には、問題解決ではなく「課題解決」と伝えている。考え方の違いを教師が認識して進めることが大切だと考える。埼玉県では「STEAMS タイム」と言う時間を設定しているが、これは課題解決に近い、ゴール地点に向かってプログラミングを考えたり、ものづくりをしたりしているので問題解決とは異なる。要するに、「問題」か「課題」よりも、教師がどういうスタンスで意識して進めるかで良いと捉えている。

【質問】ICT活用のご紹介がありました。自分もやってみたいと思っっているのですが、子どもたちに使えるようにするのに時間がかかるため思うように進みません。子どもたちが使うための練習にどのくらいの時間がかかるでしょうか。

【回答】一番はタイピングです。理科の授業だけでは難しいと思いますが、普段の授業で使っていると1学期である程度身に付きます。本校では、3・4年生で使い始めると、5・6年生では問題なく使えています。子供たちにとっては、タイピング練習は楽しいので、感想だけタブレットなど、コンスタントに練習する時間を取ってあげるとよいのではないのでしょうか。

【質問】スケッチはノートに手書きで行うのと、写真を撮るとそれぞれの良さがある気がします。写真を日ごろから撮らせる授業をされていますか。スケッチと写真はどちらが良いとお考えでしょうか。

【回答】スケッチの良さは、特徴を捉えるものです。今でも植物図鑑に植物画が採用されているのは、そのためです。写真だと、一般化しにくいのです。3年生の身近な生き物の観察や5年生のメダカの観察はスケッチのほうが特徴をとらえやすいと思います。一方、変化に気づきたいのなら写真です。4年生の季節と生き物、5年生の流れる水の働きなどは写真のほうが望ましいと思います。使い分けるとよいのではないのでしょうか。

【質問】紙に記録を残すことの大切さを、子どもたちにどう伝えているのでしょうか。

【回答】理科は、「知っていること」より「証拠を示すこと」が大切と指導しています。また、どの記録が役に立つかわからないとも伝えています。だから、日付、天気、気温はもちろん、理科の授業で気づいたことは、役立つかもしれないので書いておこうと伝えています。もちろん、書かない子もいますが・・・

【質問】単元で一貫した実験教材を用いることが理科の見方・考え方を養うことになるのでしょうか。私は一貫した教材を作るのに苦労していてつながりがない教材を使うことが多いので、お考えを聴きたいです。

【回答】単元を通して同じ教材を使うことは必要ないと思います。今回紹介した内容は、児童が同じ見方をできるようにと思い、同じような場面の実験を用意しました。でも全部の単元でできるわけではありません。経験上ですが、5年生で「植物の花のつくり」を調べていた時、A児

が「ヘチマとアサガオはちがう」と言いました。それに対して、B 児は「形は違うけど、あるものは同じ」と言いました。このとき、「A さんは、形の違いに気づいて、B さんはあるものは同じことに気づいたね。違いと同じ、どちらもその通りだけど、今回の問題で考えるとどうかな。」と発問をしました。つまり、「見方はどちらを選択する」という発問です。こんな感じでよいと思っています。放っておいても児童が見方・考え方を働かせるわけではないので、教師が価値づけして気づかせたいと考えています。理想は勝手に働かせてほしいので、紹介した教材は見方を揃えました。ケースバイケースだと思います。

【質問】ICT 活用は私自身も難しいなと考えています。私は一度学校で低学年の子は黒板を見て授業についてくるよ、という指導を受けました。ICT 活用と授業の流れが分かる黒板を両方できるようになりたいと考えているのですが、両方できる ICT 活用にはどのようなものがありますか。また、学力は ICT 活用前と活用後で変化はありましたか。

【回答】まず、学力（テスト）では変化はないとのこと。でも、意欲（ノートをとる率）は向上しました。学力をどうとらえるかによりますが、個人的に一番は、勉強が楽しいと思えることだと思っていますので、そういう意味では成果があるのだと思います。（使えるだけで楽しいのかもしれませんが、それもアリだと思っています）「低学年は黒板を見る」はあくまでも、教師の先入観です。なぜなら、それを実証していないからです。（ICT のみを使った子がどんな大人になる裏付けはありません。）だから、あまりそこはこだわらなくてよいと思います。紙のほうが、子供たちが意欲的なのか、ICT のほうが良いのか、児童の実態で決めていくことが大切だと思います。授業の流れを残すなら、それその時の画面をスライド化すれば済むと思います。黒板は消してしまうので 1 枚にまとめることにこだわりますが、ICT は残っているので、それをつなげれば十分記録になりますし、児童に送ってあげるとさらに良いと思います。

【質問】ONE NOTE は、前年度のものを児童たちは見ることができると教えてください。

【回答】自分のノートブックにコピーすれば次年度も継続できるそうです。

### 〈3〉岐阜セッション② 講師 山田茂樹氏（関市立桜ヶ丘中学校校長）

#### 「季節変化を地球の公転運動と関連付けて理解できる教材や指導の一例」

「地球と宇宙（ア）イ 年周運動と公転」の実践より

授業で予想される子どものつまずきは以下の点である。

- ・夏至は日本が太陽に近いから暑いのか？
- ・モデル実験で昼の長さの変化はわかるが、南中高度が高いとなぜ気温が高くなるのか？

そこで、自然体験や野外学習において五感を用いて、自然環境にみられる「比較・観察の対象となる事象」「関連性をもつ事象」「変化を読み取ることが可能な事象」などの自然事象を通じて、そこにみられる事実や関連性の発見、比較・類推を行

う活動を通して、自然の変化に関する科学的知識、概念を獲得し、思考力を高める技法「パターン把握」を重視し教材や指導の工夫を行っている。[文献 山田茂樹（2009）「パターン把握」を用いた野外観察で、科学的な思考力、表現力を育成する指導～中学校理科「地球と宇宙」での一実践を通して～、科教研報、23(5)、pp. 59-62.]

- ① 季節変化を実感できる野外観察を実施する。
- ② 子どもたち自身が地軸の傾きに気付くモデル実験を行う。



図 5 モデル教材による季節変化の理解

一人1個のミニ透明半球を活用した記録と、自分の影の長さを7月と10月の2回測定することで、季節による昼の長さや南中高度が大きく変化していることを実感する地球の公転モデル実験を行い、地軸の傾きにより南中高度が変化することに気付かせる。夏至と冬至の地球モデルをサーモカメラで撮影することによって、南中高度によって温度が変化することを立体的・視覚的に捉えるなど、季節変化を地球の公転運動と関連付けて理解できる教材や指導の紹介をする。

[モデル教材]

- ・蛍光色の発泡スチロール球、ブラックライト光源、日本の位置に人間モデルのつまようじを刺す。
- ・蛍光色の地球にブラックライト光源を使うと眩しくなく、昼と夜の境が鮮明である。
- ・土台に粘土を使うことで、試行錯誤的に地軸を傾けることができる。

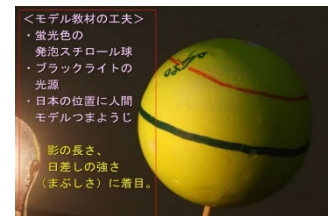


図 6 モデル教材の工夫

II 軽石の理科教材的魅力～津保川軽石の起源を探る～

家族旅行で訪れた北海道有珠山で見られた白い軽石、群馬県浅間山で見られた白い軽石・黒い軽石への疑問から研究が始まった。研究から明らかになった事柄を通して、軽石の理科教材的魅力を紹介する。

[研究の内容]

軽石の穴(空洞)はどのようにしてできるのか、軽石の成因について、各種モデル実験による再現と、浅間山天命3年(1783年)の大噴火の際の古文書の記録とにより、爆発のストーリーを描き、浅間山に白い軽石と黒い軽石がある理由が説明できた。翌年、岐阜県関市津保川河口で軽石層を発見し、地質図などの文献には、岐阜県関市における火山噴火物の記載はなかったことから、さらに津保川軽石の起源を探ることを目的として研究を進めた。露頭観察や、岐阜県周辺の5火山の特徴の比較を行い、火山と軽石の広がり方の特定を検討した。重鉱物組成分析やわんがけによる鉱物分析(角閃石、シソ輝石、磁鉄鉱の割合より)、軽石層に含まれる礫の種類などより、約8～10万年前に御獄山から噴出し、堆積していた軽石が、古木曾川によって浸食・運搬され、関市で堆積したものだ結論付けた。



図 7 教材(軽石)の頒布

[津保川軽石の教材としての魅力]

1. 自形の鉱物、種類が多い＝鉱物の特徴・比較観察に最適である。
  2. 身近な火山の噴出物から、大地の変化の時間的・空間的スケールを実感できる。
- 【終わりに】ホームセンターで買ってきた鹿沼土(軽石)を示すのではなく、身近にある露頭観察、軽石からのわんがけによる鉱物顕微鏡観察、ストーリーや写真の提示により、子どもたちに大きな興味と感動を与えることができるのではないかと。

- 【質問】サーモグラフィーの映像が見易かったが具体的にどのようなものか知りたい。
- 【回答】本日の映像で示したものは約15年ほど前、1台20万円程度のサーモグラフィーで、かなり精度が良いものである。(CSTで利用)今では、“Seek Thermal”(シークサーマル)がスマートフォンと接続可能で1台約2.5万円程度とおすすめ。
- 【質問】素晴らしい教材はどのようなところからヒントを得るのか?
- 【回答】教材のヒント2つ。①子どもの意識づかみである。子どもが授業において、自然の事物・現象のどこに疑問を持ち、更にその疑問に対して、どうしたら子どもが理解しやすくなるのか

という、子どもの意識さえつかめば、自ずと教材や指導法が出てくる。②理科教師として足で稼ぐ。地学で卒論を書く段になり、陸上が得意であった経験も手伝い、足で稼いで路頭に出向き、多くの標本を得てまとめた経験がある。現地に出向きサンプルを採集したり、露頭の前で自ら写真を撮って示したりする生の教材が子どもたちの興味関心を高め、惹きつけると信じている。

【質問】季節変化を実感できる野外観察について、先生のどんなお声がけで「野外観察してみたい！」と子どもたちは興味を持ったのでしょうか。

【回答】野外観察に行く前に理科室内で、「今日の正午に太陽は天球上のどこを通るのか」を予想して、一人1個のミニ透明半球上に印をうってから、「本当に予想したところに太陽が通るのか確かめに行こう」としました。その後、「関連した事象として自分の影の長さや地面の温度、諸感覚で感じ取ったことを記録しよう」と投げかけました。

【質問】モデル図と自分たちを結びつける空間的な視点、7-10月の時期まで広げた時間的視点、このような視点を与えることで、一人一人の見方、考え方を育てられていることが一番勉強になりました。生徒たちが振り返りの記入を行っていましたが、日々の授業の中でどのような声かけをしたら、あのように振り返りが書ける生徒に育ちますか。

【回答】基本的にノートの記述は宿題です。家に帰って、もう一度今日の授業を振り返り、「わかったこと・感想」を文章で書きます。文章はできるだけ長く書いた方がその子の表現力が高まるので、最初は「5行以上書きましょう」と分量の目安を提示しました。数時間ごとにノート提出をして、教師が評価をします。その中で、既習事項や日常生活と結び付けるなど模範となるノートの例を紹介すると子どもたちの意欲や表現力が高まる傾向にありました。

【質問】子どものつまずきに応じた教材の工夫、大変勉強になりました。ぜひ参考にさせていただきたいです。7月に行った観察の後、どのような動機づけをして10月の観察につなげたのかを聞きたいです。

【回答】10月には通常の本単元の授業が進んでいる中なので、子どもたちには地球の年周運動と関連付けた季節変化の概念ができつつあります。7月に行った観察と比較・変化をとらえさせることは子どもにとっては意識の連続性があるためスムーズに目的意識をもつことができたと考えます。

【質問】五感にうったえかける工夫、生徒が納得できる展開が素晴らしいです。生徒から課題を引き出すのが難しく思うのですが、どうすれば良いのでしょうか。

【回答】日ごろの授業の中で、課題設定能力を身に付ける指導を積み重ねます。課題の文言を子どもたちから引き出そうとする授業をよく拝見しますが、そうではなく、授業の最初に、例えば教師が事象を比較提示した時に、「何が違うのか、どうしてそうなると思うのか、今日は何を知りたい（解決したい）のか」という思考ができるように指導します。

【質問】生徒の一人が問題の核心を突くような疑問を持ったり発見したりしたとき、それをクラス全体にどのように共有していますか。（今回だと、光が真上から当たっている方が光が集まるから熱くなるのではないかと気づいた生徒がいたとき）

【回答】観察、実験中の机間指導で子どもの見方や考え方を引き出しながら、子どもづかみをすることが重要です。全体交流で、見方や考え方が深まるよう意図的な指名をしながら話し合いを構成します。今回の「光が真上から当たると光が集中するから熱くなる」という意見は、サーモグラフィ画像を提示する前に、意図的な指名をし、その子の机の周りに皆を集めて、実演しながら発言できるような配慮もしました。



#### ＜4＞埼玉セッション② 講師 山本孔紀氏（埼玉大学教育学部附属中学校教諭）

##### 『試行錯誤をしながら学ぶ』を支え、生徒の主体性を引き出す観察・実験教材の工夫

主に教材と教材研究の視点に絞り、子どもが主体的に、自主的に取り組んでいけるものについて紹介する。

#### 1 生徒の主体性を引き出す教材の条件として心掛けていること

自ら選択し、決定できる。繰り返し思考できる。認知的葛藤を引き起こす。本質に迫ることができる。安全であること。授業者自身によって「良い教材」の条件の順位は変わる。

#### 2 教材紹介① 化学分野

##### 『パストゥールピペットを用いた化学実験群』

炭酸水素ナトリウムの熱分解 \* 演示

鉄と硫黄の化合 \* 演示

酸化銅（Ⅱ）の水素による還元

金属ナトリウムと塩素の化合 など

応用がきき、皆が同じ実験をするのではなく、同じテーマの中で分かれて行うことができ、試行錯誤が可能なものが面白いと考える。パストゥールピペットを用いてマイクロスケール化することにより、個別実験を可能とし、生徒の自由な探究の幅を広げることを目指した。

##### 教材1：安全性を高めた鉄と硫黄の化合実験

- ・硫化水素（有毒）が発生するため、換気に十分な注意が必要な実験。
- ・パストゥールピペットを用いることで「におい」を抑えながら少量で反応させ、反応後の硫化鉄を少量取り出し、硫化水素を発生させる際の安全性も改善。
- ・2023年5～6月に起きた「鉄と硫黄の結びつく化学変化」に伴う複数の事故事例で、どの事例も実験の際の理科室の換気は行われており、実験手順や使用した物質の量などは適切であったとのこと。教員経験5年以内の教員が多く、コロナ禍で経験が浅く、事故が起きやすい状況であった。

##### 教材2：未知の物体の正体を探究する活動

- ・炭酸アンモニウムの熱分解により、アンモニアの刺激臭がする。
- ・炭酸アンモニウムの熱分解をマイクロスケール化することで、アンモニア臭を抑えられる。
- ・発生する気体をパストゥールピペットの先端に細いシリコンチューブを接続し、回収することで、試験管内のBTB溶液で反応の確認が可能。
- ・匂いが出ない分、子どもたちは化学反応の過程をじっくり観察し、「未知の物体」を探るために尿素説、混合物説、中和説に言及し、考察にも内容の広がりが見られた。

#### 3 教材紹介② 生物分野

##### 『マイクロテストチューブを活用したただ液のはたらきの検証実験』

教材：消化液の働きを調べる実験における個別化の工夫



図8 パストゥールピペットを用いた鉄と硫黄の反応

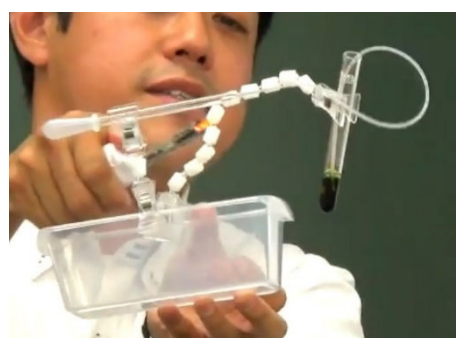


図9 パストゥールピペットを用いた炭酸アンモニウムの熱分解

- ・基質特異性、最適温度、失活などへの発展
- ・タッパーにお湯、氷水、体温の水など反応温度を変え、10分間放置・反応させる。
- ・学ぶ意義や身近なものへの繋がりが感じられる点を考慮し、デンプン溶液よりご飯粒の使用がおすすめ。
- ・ベネジクト液、ヨウ素液、尿糖試験紙等の活用による糖やデンプンの検出。
- ・デジタル（OneNote）の利用で、自主的に発展性を持った結果や考察のまとめができる。

**【終わりに】**

教材には、メリット・デメリットがある。生徒にとって個別化が可能で自由度が高く実験をデザインできることや、繰り返して試行錯誤や思考ができることを目指している。心に残る教材を今後も探究していきたい。

**【質問】** ノートやOne Note(デジタル)の使い分けがあれば知りたい。

**【回答】** 個人で使い分けている。PCが好きな子はPCを使い、ノートが好きな子はノートを使う。またペンで書きたい子はペンで記入し、キーボードで打ちたい子はキーボードでの入力を進めている。提出法も異なり、手間な場合もある。全部デジタルで提出もありうる。使い分けについてはこちらが対応できる範囲で選択出来たらよいと思う。子どもとどのようにしたら良いか、話し合っているとよいのでは。恩師より「困ったら子供と相談」「迷ったら子供に聞く」と提案いただいたようにしている。

**【質問】** 章の「問い」はどのように設定されたのですか。どんな過程があって、その問いに到達したのですか。子どもはその問いを章末にどう整理し、まとめるのでしょうか。（中2生物を例にしたスライド「第3章で考える問い 食べること、息をすることは、動物が生きていくことにどのように関係しているだろうか。」）

**【回答】** 章の問いは、東京書籍の教科書の扉絵にある「章の問い」をそのまま使いました。東京書籍の「章の問い」はよく練られているので、参考になるかと思います。ただし、単元を貫く「本質的な問い」、「章の問い」、「各授業における問い」など、問い1つ1つ重く扱えば扱うほど、子供の負担が大きくなっていくように感じています。また、ここでの「章の問い」は教師から提示したものであり、あくまで方向付けの目安として取り上げました。したがって、ここでの「章の問い」のまとめは、章末に簡単に相互に意見交換する程度にとどめ、それぞれの考えをノートにメモさせておく程度でした。繰り返しになりますが、東京書籍の「章の問い」は時間が許すのであれば、章ごとにOPPシートとしてまとめさせてもよいと思います。

**【質問】** 探究型の授業に興味があります。難しすぎたり、時間がかかりすぎたりするという点で難しく感じてしまいます。どうやって探究型の課題を設定されているのでしょうか。

**【回答】** 私は、生徒自身による質問づくり（しばしばQFTと呼ばれる）において、ダン・ロス、ルース・サンタナ（2015）のいう「質問づくりの七つの段階」を参考にしています。ここで、生徒から出てきた問い（疑問）を課題へと練り上げていくようにします。ただし、大きな枠組みでいう「探究課題＝ゴール」は、単元当初に問う「本質的な問い」への回答とします。（例：イオンとは何か。命とは何か。など）

探究型の授業は、教師主導のみの一斉指導と比較すると+1～2授業時間余分にかかる取組であると実感しています。その実現のためには、コンテンツに縛られることなく、その単元の本質は何なのかと必要な探究のスキルは何なのか、そして自律的な学習者へと育てるにはどのような資質・能力が必要かを考えて、勇気をもって取捨選択することが必要であると思います。

カリキュラムマネジメントの視点も大切だと思います。私も常に試行錯誤しています。

【質問】 中学 1 年の化学分野におけるパスツールピペットの可能性は現在どのように考えていらっしゃるでしょうか。

【回答】 実際に今年度の探究的な学び（第 2 学年）の中で、個別探究の時間にこの手法を「使ってみれば？」と必要感のある一部の生徒に伝えて使わせました。生徒は、鉄と硫黄の結びつく変化や酸化銀の実験など試行錯誤しながら、繰り返し実験をしていました。実験が個別化することができるということは、全員で同じ実験を同じ手法でやらなくてもよいという可能性が広がると考えます。

第 1 学年であれば、気体の性質の単元で使えると思います。アンモニアの発生実験は特に、少量の薬品で何度も行うことができるため有効に活用できるのではないかと思います。他にも固体の水への溶けやすさなどを確かめる場合などに、パスツールピペットはピペットとしても使うことができます。爆鳴気や電気分解、化学電池などの化学実験でも廃液の量を少なくして、安全に行う「マイクロスケール実験」の種類は広がってきています。これらの中の一つのツールとして、これからも様々な活用場面を考えていけたらと思います。

### 3 大学教員から教材・指導法を提案

#### <1>中村琢 岐阜大学教育学部准教授（岐阜大学会場）

##### 「web を活用した理科授業の実践 一霧箱の製作と環境放射線観察から一」

多くの教員が放射線の内容に苦手意識を感じており、教員自身が放射線の内容を学習した経験が乏しいこと、勤務校に実験道具がないことや不足していることなどにより、霧箱を実際に作るには意外とハードルが高いと思われがちだとわかった。そこで、重要な部分を Web 教材で紹介できたら良いと思ったのが本教材活用の大きな理由である。対面授業で生徒に思考させていることの大部分は Web であっても可能だと考える。グループでのディスカッション、観察・実験、全体交流を通じて、素朴概念を基にした揺さぶり、動画による課題提示などを進め、展開するとよい。

[中学校理科における放射線の扱い]

- ・ 静電気と電流(中学校第 2 学年)
- ・ エネルギーとエネルギー資源 (中学校第 3 学年)

ここで紹介する霧箱は、ドライアイスとアルコールを使って過飽和層を作る拡散霧箱である。環境中の自然放射線の飛跡を観察できる。加えて、飛跡の太さ、長さ、折れ曲がりや直線性などから、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線など放射線の種類の弁別が可能である。材料はいずれも安価であり、ホームセンター等で手に入るものである。

放射線は五感で感じにくく、直接目に見えない難しさがある。特別な環境でなくても放射線を見られることから、探究的な活動への発展性を踏まえ、自由に使える教材である。また、東日本大震災後の放射性物質による大地の汚染や、その後の除染活動、放射性トリチウムを海洋放出したりするなど放射性廃棄物の問題、エネルギー政策の問題など、国が抱えているこれら多様な問題の理解や判断にも、放射線の知識が不可欠で、この教材と絡めて科学的な思考を深めるきっかけとなる。(動画により霧箱の作成方法などを説明)

##### $\alpha$ 線の観察



図 10 霧箱によるアルファ線の観察

## 〈2〉小倉康 埼玉大学教育学部教授（埼玉大会場）

### 「学習者の粒子概念とモデル思考を育む方略」

#### ・科学的思考力としての「モデル思考」

モデル思考とは実際のものではないが、目に見えない存在や複雑な事象をイメージや単純化した図式に置き換えて、予想したり説明したりする科学的思考様式。目的に合わせて自然の事象を単純化するため、正確に表現したものとは言えない点に留意し、生徒がモデル思考パターンに長けていくために、より積極的に使い、慣れていくことが必要と考える。

#### ・モデル思考と科学研究

巨視的な時空間で複雑な現象を扱う地学領域「天文、地質、気象」等ではリアルな実験が困難。そこでモデルに置き換えた実験やシミュレーションによって、現象を説明したり予測したりすることが有効な探究手段となる。

#### ・概念的実体

「学習者にとって何らかの実在性をもって機能していると考えられる認識上の構成物を意味している。（中略）理科の学習者によって学習者の持つ「概念的実体」は、科学的な「概念」へと変容していくことが要求される。（小倉,1999）「科学的概念形成途上の仮説的表象」学習が進むにつれて概念的実体が、より本質的実体へと変容していくと考える。

#### 【粒子概念のモデル思考を育む指導方略】

小学校理科の題材を中心に、小・中学生をターゲットとした指導例を紹介。

#### ・小学校第3学年「塩と砂糖の重さ」

問い「塩と砂糖はどちらも同じ体積だが重さは同じだろうか？」同じ粒の大きさと数で表示、粒に慣れていく。[粒子のイメージ化]

塩と砂糖はどちらも同じ体積でも、物によって重さは異なる。[初期の密度概念]

#### ・小学校第4学年「とじこめた空気と水」

問い「空気でっぼうは、どうして前の玉を飛ばすことができるのだろうか。」「空気でっぼうに水を入れるとどうなるのだろうか？」棒を押すと粒の間が狭くなり、空気が玉を押し返す力が強くなり、前の玉が飛び出して、閉じ込められた空気の粒が外に出る。水の場合は、隙間なく粒が入っている。棒を押すと、すぐ前の玉が外れて、水の粒が外に出る。[初期の粒子概念の獲得]

#### ・小学校第4学年「蒸発と水蒸気」

問い「水の入った容器を置いておくとどうなる?」「水の量が減った。どうして?」水が蒸発して水蒸気になる。目に見えない水蒸気が空気中にある。[水と水蒸気の粒子モデルの獲得]

問い「水に氷をいれて温度を冷やすとどうなる?それはどうして?」低い温度になり、水蒸気の一部が目に見える姿の水に戻って水滴になった。[結露の粒子モデルの獲得]

#### ・小学校第4学年「水のすがたと温度」

問い「水を熱し続けるとどうなる?」「湯気とあわが出てくる。これらの正体は?」[沸騰、水蒸気、湯気の粒子モデルの獲得]

問い「水蒸気が出ていくとどうなる?」水の粒がどんどん少なくなる。水の量が減る。[初期の粒子の保存概念の獲得]

#### ・小学校第4学年「水の体積と温度」

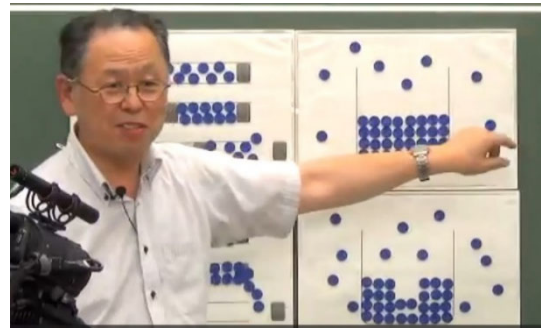


図 11 粒子概念の指導例の紹介



問い「水を温めるとどうなる?」「水を冷やすとどうなる?」水を温めると、水の粒の粒の間が広がり、体積が増える。温度によって密度が変わる。[温度による体積変化の概念] [物の浮き沈みと密度との関係]

- ・小学校第4学年「水のあたたまり方」

問い「水を熱するとどのように温まる?」水を熱すると、軽くなった水が上に動き、次第に全体が温まる。流体を熱すると対流しながら温まる。[対流の概念]

- ・小学校第5学年「ものの溶け方」

問い「水に食塩をとかすとどうなるだろう?」水がものに溶けると、目に見えない粒になって透明で均一な水溶液になる。水を蒸発させると物が出てくる。[溶解、粒子・質量保存の法則] [蒸発乾固、粒子の保存の概念]

粒子モデルを適用できるその他の例

- ・小学校第6学年「物の燃え方と空気」(異なる性質の気体の粒)、「動物の呼吸と消化」(異なる性質の粒を利用)、「水溶液のはたらき」(粒の性質を変えるはたらき)など。

【質問】中1の理科「水が氷になると体積が増える」という事実を水分子の粒子モデルでどのように表現させるとよいとお考えですか。

【回答】本日は、小学校の内容を中心に、子どもたちに粒子概念のモデル思考を育む指導方略をご紹介しました。中学校では原子・分子の見方・考え方を身に付けて、より科学的なモデル思考が可能となりますが、中1の三態変化では本日扱った範囲の粒子モデルでの思考が可能です。講演資料にその部分の指導方略を補足して公開用ホームページにアップしますのでご参照ください。

#### 4 閉会の挨拶

##### (1) 中村琢 岐阜大学教育学部准教授

もっと聞いていたいと思う大変充実した時間であった。管理職になられた先生方から直接話を聞くことができ貴重な時間となった。それぞれの立場の方が学ぶ機会が大変多かった時間であった。今回発表に向けて、非常に多くの時間を費やして多くの資料を準備していただいた。それぞれの立場の教員が県をまたいで対等な立場で意見交換を進める大切なひと時だと感じる。時間の許す限り、情報交換をして持ち帰って欲しい。

##### (2) 小倉康 埼玉大学教育学部教授

知識と経験をふんだんに盛り込んだお話と愛情のこもった資料等を提供いただき、心より感謝申し上げます。対面とオンラインでご参加いただいた教員と学生の皆様には、参加して良かったと実感していただけたのではないかと思います。

本日の講師の先生方の熟練された様子から、自身の将来目標とする教員像を重ねて見られた方も少なくないと思う。こうして、中核的な理科教員の世代間継承を図ることも、本研修会が目指している大切なことの一つである。本日の動画と資料、概要を公開し、今後の全国の先生方の研修や学生教育の場での活用普及に努める。