

分科会報告 「5. 理科・環境教育」

大野栄三

今回の分科会は、旧分科会「5. 理科」と旧分科会「21. 環境・公害・エネルギーと教育」が合同し分科会「5. 理科・環境教育」となって開催された第1回であった。4件のレポートがあり、活発な討論をオンラインで行なった。

① 理科『科学と人間生活』での実践例～手間と時間をかけるほど生徒は相互に成長する～ 吉沼利晃

吉沼氏の勤務校は、生徒数320名のうち男子は7名で、理数系の教科を苦手とする生徒が多く、卒業生の7割が就職している。そこでの実践報告である。苫小牧は遊ぶところがない、何もない田舎だから、就職して都会に出ようと考えている生徒もいる。吉沼氏は、北海道の自然や動植物について生徒が知ることが、地域には何もないと思い込んでいる誤解を解くことにつながると考えた。

『生物基礎』と『科学と人間生活』では、ほぼ毎時間、身近にいる生き物について、映像資料や標本を使って解説（5分から10分）を行なった。生徒からは肯定的な感想が寄せられている。定期考査の10点分は解説から出題することにしていたからだと思うが、解説を聞くだけではなくメモを取ることがたいせつであることがわかったという生徒のふりかえりがあった。生徒が社会に出てから役に立つ姿勢を身につけていることが伺える。

1年生の『科学と人間生活』にある単元「4 宇宙は地球の科学：2章 身近な自然景観と自然災害」を使って、グループ学習「苫小牧の自然景観」を行った。くじ引きで3、4人で1班をつくり、10班に分かれる。苫小牧市教育委員会が発行している冊子『とまこまの文化財』を使って12テーマを設定しておき、班ごとにテーマを選び、10時間で、調べ→まとめ→発表→他者評価→ふりかえりを行うという内容である。生徒は、毎時間ごとの目標が示されたワークシートに「今日の自分の取り組み、感想」と自己評価を書く。2、3時間目の授業で、生徒がスマートフォン等で調べ、教師から提供された情報と合わせて発表内容を考え、発表資料の下書きを準備する。発表はA3用紙に手書きで作成したものをTVに映して行うので、まず下書きを作成して確認している。5時間目の授業で発表順番をくじ引きで決めて、本番の発表資料の作成を開始する。6、7時間目に発表の役割分担、発表の練習などを行い準備する。8、9時間目に発表、他者評価、10時間目に他者からの評価を読み、ふりかえりを行うという授業展開になっている。

グループ学習「苫小牧の自然景観」は調査した結果を発表する学習と捉えることができるだろう。今回のレポートでは、この10時間の学習の波及効果や意義について討議が活発に行われた。

- ・他者からどのように評価されているのかを知り、自分の活動をふりかえるという経験を1年生でしておくこと。
- ・3年生で行う課題研究（地域の企業等の協力を得て商品開発を行うなど）でプレゼンテーションを行うための練習になっていること。
- ・地域とのつながりを具体的につくるキッカケになったこと。実際に現地に行って、冊子や資料から予想していたものとはちがうことを発見したグループもあった。そうしたグループの意見を受けて、当該施設等が改善してくれた例や、生徒の発表資料を校外で展示する機会につながった。
- ・最初からデジタルで発表資料を作成すると、アプリケーション自体を生徒がどこまで使いこなせるかで制約されてしまう（生徒はアプリケーションを使ってできる範囲内でしか作成しない）。手書きで下書きを作成する価値はある。

本レポートの教育実践がもつ最大の成果は、苫小牧にいろいろなモノやコトがあることに1年生の生徒たちが気づき、以前にはなかった自信と地元への愛着を彼らなりに持てるようになったことだろう。3年生になって地元の人たち（企業等）と話し合うときに、きっと好感をもって応答してもらえるはずだし、それによって、生徒たちの自信と地元への愛着はさらに深まるにちがいない。

この10時間のグループ学習は、1年生にいきなり無理な探究活動を強要しない方がよいことを示唆している。1年生が自分たちで話し合っただけで計画し実行していく。そして、他者の評価を受けて自分の活動をふりかえる。こうした経験は、上の学年に進んだときに、自覚して実践できる「作法」となって生きてくるのではないだろうか。本格的に探究活動、課題を解決する活動を自分たちで計画して実践するための準備となる教育実践であると思う。

② 札幌啓成高校での「金属の酸化還元反応（イオン化傾向）」

三好敬一

金属と水や酸との反応は起きる場合と起きない場合があるが、その理由は教科書には書かれていない。生徒は、どうしてそのような反応になるのかという理由がわからぬまま、反応式を暗記して何とか問題を解決しようとする。

三好氏は、イオン化傾向は水溶液中で起きる金属単体→陽イオンの反応で、金属単体の酸化のされやすさ（電子の出しやすさ、陽イオンを還元するので金属単体がもつ還元力）の順番、金属化傾向（三好氏の造語）は水溶液中で起きる陽イオン→金属単体の反応で、陽イオンの還元のされやすさ（電子の受け取りやすさ、金属単体を酸化するので陽イオンがもつ酸化力）の順番であるという捉え方で全体をつかむことを重視している。そして、金属と水や酸との反応が起こる理由を生徒が酸化還元反応の考え方を使って考えるのである。

金属単体は還元剤、金属の陽イオンは酸化剤のはたらきをする酸化還元反応の半反応式（還元剤→酸化剤+電子）として、縦に並べてまとめたプリントを生徒に渡して授業を行っている（プリントには、各半反応の標準電極電位の値も記載されている）。上の位置にある金属単体は酸化されやすく（電子を放出し→の反応）、下の位置にある陽イオンは還元されやすい（電子を受け取り←の反応）。金属と水や酸との反応を考えるため、 $2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow \leftarrow 2\text{H}_2\text{O} +$

大	還元剤	⇌	酸化剤	小
	Li	⇌	$\text{Li}^+ + \text{e}^-$	
	K	⇌	$\text{K}^+ + \text{e}^-$	
	Ca	⇌	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Na	⇌	$\text{Na}^+ + \text{e}^-$	
	Mg	⇌	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Al	⇌	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	
	$2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$	←	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	
	Zn	⇌	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Fe	⇌	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Ni	⇌	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Sn	⇌	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Pb	⇌	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	H_2	⇌	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	
	Cu	⇌	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	2Hg	⇌	$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Ag	⇌	$\text{Ag}^+ + \text{e}^-$	
	Pt	⇌	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Au	⇌	$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$	
小				大

酸化のされやすさ
イオン化傾向
(還元剤の強さ)

還元
のされやすさ
金属化傾向
(酸化剤の強さ)

2e^- の反応も縦の列の中に位置付けられている。三好氏は演示実験を行うときに、この縦に並んだ表を使って生徒に反応が起きるかどうかを考えさせる。

(三好氏のレポートから一部を抜粋)

「金属の酸化還元反応（イオン化傾向）」で一区切りと当初予定していたが、勤務校で定期考査の範囲は電池の最初までと決まってしまう、高体連の地区大会の時期でもあったことから、「金属の酸化還元反応（イオン化傾向）」は2時間半の授業となり、演示実験の一部をとり止め、練習問題を使って反応が起きる（起きない）理由を生徒に考えさせて話し合うゆとりはなかったとのことであった。

授業展開は不十分であったが、授業後の4件法のアンケートでは、理解できた（3名）、ほぼ理解できた（21名）という結果であった。10年程前に普通科で行なった授業では6割台と比べると改善しており、今回は普通科理系であったことから生徒の学習意欲が高かったことが原因かもしれないとのことであった。ただし、生徒の感想文には、酸化還元反応の基礎的なことが理解できていないと、その後の学習がうまくいかないことがわかる記述が

あり、あまり理解できなかつた（5名）、理解できなかつた（1名）と回答しているような生徒への対応が今後の課題であることが報告された。

報告後の討議について一部を紹介する。

・演示実験で起きる反応の有無について理由を生徒に考えさせ、彼らに説明させるといった学習について意見交換があり、やはり時数を確保することが必要であることが確認された。三好氏からは、反応に時間がかかる実験については、反応後の実物（試験管）を前日に用意しておき、それを演示で使っているとの工夫が紹介された。

・イオン結合による物質を構成しているイオンが水に溶けていく現象と、金属結合をしている物質が反応してイオンとなって溶ける現象の違いについても、しっかりとイメージさせておくことが必要であること。イオン結合による物質に対する誤解（固体では電氣的に中性なNaとClが結合しており、水に溶けると正負のイオンになる）を持っている生徒はいる。

・中学校理科でのイオンや電池の学習との関係についても議論があった。中学校で反応の理由を下手に説明すると理解できない生徒がいること。金属原子自体から電子が弾き飛ばされてイオン化するのではなく、水や酸と反応してイオン化する反応を問題にしている。中学生にはイオン化傾向を理解するのは難しいとの意見もあった。

・教育内容 3 割削減以降のやり戻しで、中学校でイオンについてかなりの内容を学ぶことになっており、何をどこまで教えるのか、高校の化学とどのようにつなげるのが課題であることが議論された。

③ 進度も大事だけど、実験やりたい～お手軽実験で物理に楽しさを～

桑原岳夫

通常の教室で実施できる簡単な実験についての報告である。物理を選択した普通科の生徒 80 名のうち 41 名のクラスを桑原氏が担当した、物理を選択した生徒ではあるが、苦手意識をもつ者は多く、とにかく公式にあてはめて解答するという者も少なくないとのことであった。実験の経験が乏しいことに原因があると桑原氏は考え、授業中に教室でできる簡易実験を開発した。

生徒のスマートフォンに物理量計測アプリケーション phiphox をインストールして実験に使っている。実験結果の記録と解析は一部の計算等を組み込んだ Google スプレッドシートを利用している。資料の配布、結果の提出は Google classroom を使うことで、アドバイスなどのやり取りが効率よくできるようになったとのことであった。材料は 100 円ショップで手に入るものを利用し、実験は 2 人一組で行い、20 分ぐらいで終了できる簡易実験である。欠席した生徒への対応もやりやすくなる。

(1) 重力加速度の測定、(2) 水平投射の測定

重力加速度の測定では、定規をまっすぐに立てて、その前を落下する物体（小さいネジ）

をスマートフォンで撮影し、Google スプレッドシートの表に時間ごとの落下距離を記録する実験である。表に入力すると速度と時間のグラフ (v - t グラフ) が描画されるように、あらかじめ関数が設定されている。

水平投射の測定は、斜めにした机の上に方眼紙を固定し、左上の原点付近に消しゴムを置いて、その上にビーズ玉を置く (ビーズ玉は原点に位置している)。スマートフォンで撮影しながら、このビーズ玉を水平方向に鉛筆の末端でたたくと、斜めに傾いた方眼紙上での水平投射の運動が記録できる。斜めになっている机の角度を測定すれば、重力加速度を求めることができる。

これら 2 つの実験では以下のことに注意する。

- ・なるべく明るいところで撮影する。
- ・撮影はスローモーションで行い、フレームレートは 60 fps 以上にする。
- ・正面から撮影する。

何度も実験を繰り返すことができ、スマートフォンのビデオを見れば実験結果を確認できる。 v - t グラフを作成する作業はスプレッドシートに任せており、大きな誤差はあるものとして実験結果を考察するように指導している。水平投射の実験では、 x 座標と y 座標を記録すると、 v_x - t グラフと v_y - t グラフが描画されるように設定されている。

(3) 比熱の測定

桑原氏の自宅台所で行なった実験の動画を教室で視聴し、温度変化の結果を生徒各自の Google スプレッドシートの表に記録した。コンビニのコーヒーカップを靴下とポリエチレン袋を使って保温性、断熱性を向上させて実験に使っている (カップ麺の容器など保温性、断熱性にすぐれた身近な容器が利用できる)。実験の手順は以下である。

- i) 上述のコーヒーカップに室温の水を入れて、棒温度計で水温を計測しておく。
- ii) 箸に入れた 1 円硬貨 30 枚を沸騰させた水にしばらく浸ける。
- iii) 1 円硬貨をすべてコーヒーカップの水に入れて、水温の変化を測定していく。
- iv) 10 円硬貨 10 枚で i) から iii) を行う。

(4) てんびんとモーメント

竹ひごのてんびんと 5 円硬貨を使ってスマートフォンの質量を求める実験である。5 円硬貨 4 枚で 15 g のおもりにする。竹ひごではなく板で幅のあるてんびんを作成した場合、上皿天秤を使って計測した場合など、異なる方法によって生じる違いについても考察できる。

自分たちで実験をすると失敗することもある。しかし、その失敗も含めて、生徒は物理を理解しようと取り組むようになった (授業での質問が増えたなど) というのが桑原氏の実感である。「物理がおもしろい」「わかってきた」「後期は良い点をとる」といった前向きな反応が生徒の感想にあることが紹介されていた。

退職後、高校物理の時間講師になり教材研究の時間が確保できたから検討できたとのことであった。身近な品物を利用してスマートフォンで計測する実験は、遠隔教育や通信教育

でも利用できる実験キットになるだろう。こうした実験教材は、現職の教師が主体的に研究開発を行い、仲間で集まって検討できることが理想であろう。そのような職場環境が必要なはずである。学校の超多忙化が、教師からたいせつなことを奪ってしまっている。

④ 海洋開発研究機構（JAMSTEC）見学記

篠原暁

横須賀市にある海洋開発研究機構（JAMSTEC）の見学を紹介したレポートである。篠原氏が所属している沼田町議会総務民教建設常任委員会が 2024 年 11 月 4～6 日に行なった道外視察の中のプログラムであった。本報告では、JAMSTEC 横須賀本部にある海洋科学技術館の展示について説明があった。

・海洋地球研究船「みらい」

北極圏で海氷、海水、堆積物を採取して、大気—海氷—海洋—陸域の間でどのような相互作用があるかを解明する。現在、砕氷船「みらい II」が建設中で、2026 年から運用開始の予定。

・水中ドローン「氷下魚」

水中は電磁波が伝わらないので GPS が使えない。慣性航法で位置を計測しながら走行する。完全な自律走行に向けての研究開発が行われているようである。

・「しんかい 6500」

実機と同じサイズの模型がある。3 人が搭乗して 8 時間の調査が可能である。一番怖いのは火災だとのことで、静電気が発生する衣服は着用できず、可燃性ガスが発生するので化粧品も禁止されているとのことである。

今回の見学の案内を担当してもらった藤倉克則氏（JAMSTEC の地球環境部門・海洋生物環境センター長）の研究（海洋生物の保護と利用、海洋プラスチック汚染）について紹介があった。

学校には JAMSTEC から資料が届くが、学校の見学も受け入れているとのことである。