

教科でキャリア教育

熊本北高校（熊本・県立）

第45回
化学



今号の先生

化学 前田敏和先生

大学卒業後、私立や公立の講師を経て熊本の高校教員に。前任校では、課題研究で指導した生徒たちが日本学生科学賞で上位入賞。その後、休職して大学院に通い、化学実験の研究で、東レ理科教育の佳作を受賞。現任校では、SSH研究部の副部長として、課題研究の全校展開にも力を入れている。

「みているようで、みていない」を体感。 洞察力を高め、考えてやり抜く力も育む

仲間と共に視点を鋭くして
未知の現象と向き合う

熊本県立熊本北高校の化学の授業。前田敏和先生はある企業のロゴをプロジェクターのスクリーンに映し、「違和感ない？」と投げかけた。生徒たちは意図がつかめず、怪訝な顔でロゴを見つめた。続いて一文を表示。「仮説 ロゴにあるアルファベットはすべて大文字である」。

そのあとで再びロゴを映すと、生徒たちの顔が一気に晴れて、どよめきや笑い起きた。ロゴの中に一文字だけ、小文字が使われているのを発見したからだ。

「人間はみているようで、みていません。予想や仮説をもって、意識したときに初めてみえるものがあるんですよ。だから今日の実験も、しっかり予想を立てて、みる視点をもつて臨んでください」

生徒たちが班ごとに行ったのは「錯イオン」を作る実験だ。錯イオンは、金属イオンに分子やイオンが結合し（配位）、全体としてイオンになったもの。その結びつきは必ずしも強くなく、別の分子やイオンの結合に容易に置き換わり、何と結合しているかで、見た目の色が変わる。

一つ目の実験は塩化銅を使った錯イオンの生成。①試験管に塩化銅を入れ、水（ H_2O ）を加える。すると淡い青色の液体になった。②アンモニア水（ NH_3 ）を少しずつ追加。青白く濁り、沈殿物ができた。③さらにアンモニア水を追加。沈殿物が消え、透明な濃青色の液体に変化した！前田先生が補足する。

「濃青色になったときに、銅イオンにアンモニアが配位（結合）したんだよ」

二つ目の実験は、生徒が予想を立てたうえで、塩化コバルトを使った錯イオンの生成に挑んだ。①2本の試験管に塩化コバルトを入れ、水を加える。②片方には固体の塩化カルシウム（ $CaCl_2$ ）を追加、③片方には液体のアセトン（ C_2H_5O ）を少しずつ入れる。さて、試験管の中身は何色になるだろう？ 前提知識として「コバルトイオンが H_2O と結びつくと桃色に、 O と結びつくと青色になる」と教わり、生徒たちは2本の試験管の変化を「桃色」「青色」「わからない」「その他」の四択から予想し、理由まで考えた。

まずは個々で予想を立てる。次に生徒同士で話し合って予想を磨く。「化学式から考えてさ……混ざると思う？」。仲間の意見にもふれて考えを深め、みる視点をもって実験に臨む下地ができた。実験開始。各班でさまざまな現象が起こり、前田先生が巡回して「ここは確認した？」などと声をかける。その促しも参考に生徒たちは「こんな原理でこうなったのでは」と仮説を立て、現象を分析するための視点をさらに鋭くした。

実験結果をまとめると次のとおりだ。①塩化コバルトに水を加えると桃色になる。②その試験管に塩化カルシウムの固体を加えると、固体周辺だけが青色になり、あとは桃色の液体のままで、混ぜると「紫色」に見えた。③もう一つの試験管に、アセトンを少しずつ加えると、その液体が上部にたまって青色になり、下のほう



実験に使う器具のセット。実験後の器具の洗浄を含めて、準備から実験、片付けまで、すべてを生徒主体で進めていく。

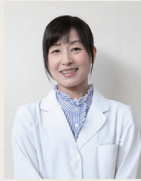


塩化コバルトと水の入った試験管に、アセトンを少しずつ加えた結果。鮮やかな色彩に生徒たちのテンションもあがっていた。



生徒同士の話し合い。実験結果を予想し合った。前田先生は巡回しながら、なぜそう考えたのか理由まで引き出していった。

● INTERVIEW・授業の共創



映える実験を生徒主体で

理科 主任実習教師
谷 亜紀子先生

前田先生とは、授業の準備段階として、予備実験を一緒に行っています。この先の授業で行う実験について、私が生徒役となって試してみ、安全面に配慮すべきところや起こりうる問題について、事前に確認するのです。本番の授業では、私も机間支援をして生徒たちが取り組む実験を見守ります。

前田先生の特徴は、色の変化で見せるような「映える実験」が好きなことですね(笑)。どうすれば映える実験になるか、ご自身のもつたくさんのノウハウを基に、いつも真剣に考えていらして、勉強になります。実際、試験管の中にきれいな色が立ち現れたりすると、生徒の反応は全然違うのです。いつもみんなが楽しそうに実験をしている印象があります。

熊本北高校の生徒たちは、自分たちで考えて実験を組み立てるだけの力をもっていますが、強いて課題を挙げれば、失敗を恐れて他の班の出方をうかがってしまう傾向があると感じています。それだけに、まず実験の流れをつかみ、実際に器具を扱うことや片付けまでが「実験」という、一連の活動のなかで「率先してやってみる」という積極性も身につけてほしいところ。前田先生は、生徒たちが自ら踏み出せるように寄り添うことにも長けているので、そうした面でも力を合わせていければと思っています。

自分の価値観やものの見方も捉えていく。最後に『身の回りへの応用』まで考えるのは、キャリア教育の視点でもありません。化学の知見を生かした人や仕事、実社会への応用にまで目を向けることで、自分の進路や興味につながるものも発見してもらえたら、と思っているのです」

目の前の現象をよくみていろいろな角度から考察すると、今までは認識できなかったことが浮かびあがってくる。そのことを幾重にも体感できる授業だった。

図1 振り返りの設問

- 1 新たな学びはありましたか
- 2 知っていたこととどのように関連していましたか
- 3 今回の実験で最も驚いたことや、次に生かせそうな知識は何ですか
- 4 (今回のような色変化を起こすには)他にどんな方法が考えられますか
- 5 このような色変化を身の回りに応用した例はあるだろうか

は桃色の液体のまま「ツートンカラー」になった。予想で選ぶ四択に「桃色」「青色」があったので、大半の生徒はどちらかになると考えていたが、2本の試験管はどちらも「その他」の変化に。予想外の結果にある生徒は思わず「えっぐい」と叫び、でもその状況を楽しんでた。

三つ目の実験は、塩化銅を使った錯イオンの生成。①2本の試験管に塩化銅を入れ、②片方はわずかな水を、③片方はこれまでと同じ分量の水を加える。前者は緑色に、後者は青色になった。その結果を考察し、「銅イオンに $\text{C}^2\text{H}_2\text{O}$ のどちらが配位したかの違いだ」と学んだ。

実はこの三つ目の実験は、一つ目の実験の前半と重なっている。だから最初の実験のときに「塩化銅に少しずつ水を加える」と「緑→青に変わる」ことに気づいた生徒もいた。しかし多くの生徒は、その時点で「同じ液体でも、量によって反応が変わる」という発想がなく、その

変化を見過ごした。「みているようで、みていない」ことをまさに体感したのだ。

「授業で身につけてほしいものは二つあります。一つは暮らしに役立つ化学の教養。知識があれば、アルミニウム容器にアルカリ性洗剤を入れて爆発させるような危険を防げます。もう一つは、主体性、観察力、分析力などの非認知スキルです。既知のことならA-Iのほうが詳しい時代社会で活躍するには、『未知のことに遭遇したときに、自ら課題を発見し、探究していく力』が必要だと思うのです」

化学のことや自分のことを記録も生かして探究する

授業では、実験中および最後の振り返りで、起きた現象や、そのなかで考えたことや感じたことを、生徒のおのが「記録」することも大事にしている。

その意図は複数ある。一つは、記録を残しておく、自分の

見識がより深まったときに、その記録から、実験当時はまだ意識していなかった部分で新たな発見を得られるからだ。

「例えば塩化コバルトを使った実験は、化学平衡の概念を学んでから見返すと、『あのときのあれはこいつのことか』とまた別の気づきが生まれます。その点では、僕はさまざまな実験で『同じ物質を使い回す』のが好きなんです。同じ物質でまた別の実験を行い、以前と似た現象が起きたときや、異なる現象が起きたとき、それはなぜかを考えると、発想が広がり、ものごとへの理解も深まるからです」

記録を取りながら振り返ることで、知識の定着と活用、自分を俯瞰して捉えるメタ認知能力の向上も目指している。

図1は、今回の授業の振り返りの設問だ。「ガニエの『9教授事象』の保持と転移、ピーター・センゲの『学習する組織』や、それに基づいた熊平美香さんの『認知の4点セット』を意識しています。自ら考えて学んだことを確認し、学びにつながった経験を紐づけ、芽生えた感情も振り返り、自分の価値観やものの見方も捉えていく。最後に『身の回りへの応用』まで考えるのは、キャリア教育の視点でもありません。化学の知見を生かした人や仕事、実社会への応用にまで目を向けることで、自分の進路や興味につながるものも発見してもらえたら、と思っているのです」

目の前の現象をよくみていろいろな角度から考察すると、今までは認識できなかったことが浮かびあがってくる。そのことを幾重にも体感できる授業だった。

授業ができるまで

生徒が学ぶ面白さに目覚め
粘り強く考えていけるように

前田先生は、高校時代に友達に化学を教えて喜ばれたのを機に、教師を志した。それだけに、教科指導に熱い思いをもって、初任校で挫折を味わう。化学に興味のある生徒だけではないなかで、「実験で化学の面白さを伝えれば振り向いてくれるはず」と意気込むも、生徒たちとの距離がなかなか縮まらず、最初はうまくいかなかったのだ。

打ちのめされ、でもこのままで終わらなかつた前田先生は、通常なら異動となる時期に留任を希望し、5年間模索を続けた。生徒との関係づくりを大事にした。外部の研究会に参加し、化学の魅力の伝え方を磨いた。集中しない生徒がいるなかでの化学の実験は、事故が起きるリスクが高まる。しかし、化学の面白さを伝えるのに実験は不可欠と考え、「全員の目で危険予知をする場づくりをして挑戦した(57ページの授業作りのポイントも参照)」。生徒が自分のテーマを探究する「課題研究」に関わったのも初任校からだ。

「農業科のある学校だったので、農業クラブの大会(※欄外参照)経験者が、私が顧問を務める科学部に入り、自分たちの研究で外の大会に出たいと言ってくれたのです。嬉しくて見よう見まねでサポートし、理科研究の大会を探して出場しま

した。そうして生徒たちがやりたいことを研究し、発表し、外部の人にも褒められていくと、学習のモチベーションも自己肯定感もぐんと高まったんですよ。探究的な学びが生徒を成長させるのだと実感しました」

だから校内で空いていたコマをもらい、理科課題研究という授業も始めた。さらに異動した2校目でも、課題研究に力を入れ、現任校では、同僚の溝上広樹先生と共に、課題研究を全校に広げる立場となった。そうした経験も、授業全般に生きることになった。

「生徒が自ら楽しく学ぶにはどうすればいいか、まず実践ベースで経験を積むことができ、学習の理論に詳しい溝上先生と一緒してからは、自分たちのやりたいことを理論とも照らし合わせ、より明確なねらいをもって行えるようになりました」

前田先生と溝上先生には共通点もあった。大学院に通ったときに、仮説を立てて研究するもなかなか結果が出ず、苦悩したこと。しかしある仮説にたどりついたとき、すべてがその方向で説明できそうで、これまでの記録を見返したらそこにも宝の山がうずもれていたことをついに発見する、という体験をしたことだ。

「探究するときは、「仮説→実験→検証」の順に進めますが、実際には一直線に進むわけではありません。論文やレポートにするときに、きれいな流れに整えるだけで、道中は行ったり戻ったり、右往左往を繰り返すもの。その模索の積み重ねの中で、あるときに点と点がつながって線となり、何らかの発見

が生まれるわけです。生徒にはそのことを、化学の実験や課題研究を通して感じてほしいと思っています。そうすれば、「まずはやってみる」ことの大切さや、「うまくいかなかったときも記録する」ことの重要さが身に染みてわかり、「諦めずに考えてやり抜こう」という意志も育つと思うからです」



前田先生と溝上先生がよくいるSSH研究室の壁面。会議の時間を設けるまでもなく、2人はこの教室で日常的に話し合っているという。

INTERVIEW・教科を越えたつながり



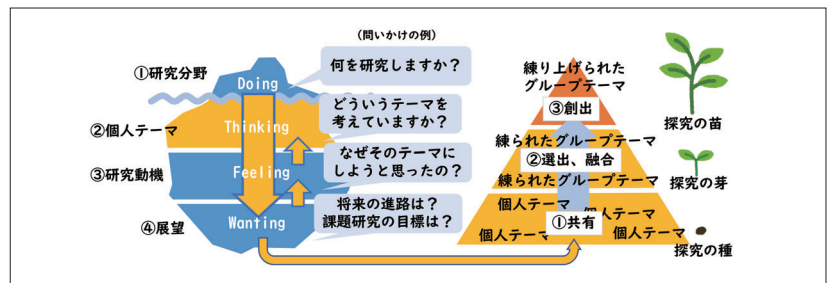
探究しながら
将来の生き方も
考える学びを

SSH研究部 部長
指導教諭
溝上広樹先生

SSH指定校のⅢ期目に入った本校では、理系クラスで推進してきた課題研究を、全校に広げる——具体的には理数科・英語科・普通科の全科で展開し始めたところです。前田先生とは同じSSH研究部のメンバーとして、普段からその課題研究や授業手法のことを話合っています。SSH研究室という部屋があり、そこでは席も向かい合わせで、顔を合わせれば立ち話から作戦会議を始め、アイデアを出し合っては壁の模造紙に付箋で貼って、今後の方針や具体策を検討しています。

例えばこれまでに、「課題研究に伴走してきた先生方の暗黙知を可視化し、仕組み化することに取り組んできました。生徒が自分の興味・関心を掘り下げながら、自己の在り方・生き方で考えるような課題研究にしたい。そのためには、そばにいる教員がどういう問いかけや関わり方をすればいいか。生徒支援のあり方をパッケージ化し、全教員と共有したのです(図2参照)。前田先生は、前々から化学の専門性を生かした面白い授業をされていましたが、SSHの取組を通して、授業をさらに磨かれたように感じています。私も担当する生物の授業や、課題研究を通して、生徒の主体性、しなやかな心、創造的思考力を育み、おのおのが自分で未来を切り拓いていくことを後押ししたい、と思っています。

図2 KUMAKITA TS(テーマ設定)法の過程



生徒の興味・関心や自己の在り方・生き方と課題研究テーマを結び付ける支援法。課題研究に関わる20数名の教員とは、週1回、学び合うための時間も取っている。また、生徒同士でテーマを深める際の問いかけをサポートするために、進路指導用のキャリアカードを応用して使うなど、ツールを活用した支援にも力を入れている。

熊本北高校(熊本・県立)



School Data

創立1982年／普通科・理数科・英語科
生徒数1068人(男子539人／女子529人)
進路状況(2023年3月卒業)
大学298人、短大6人、専門学校等24人、就職1人など

Outline

SSH(スーパーサイエンスハイスクール)指定校として、グローバル科学技術人材育成のための課題研究等を推進し、職員研修のメソッドも蓄積。職員研修ハンドブック暫定版については同校のホームページから閲覧できる(2023年7月現在)。

※ 農業クラブは、日本学校農業クラブ連盟の略称。農業を学ぶ高校生が、その活動の成果を発表する場として、全国大会を開催しており、生徒の主体性の発揮を後押ししている。

生徒はこう変わる

科学的な視点を磨き
自分の興味も広げていく

理科室で班ごとに行う実験は、全部が同じ結果になるとは限らない。今回も、塩化銅を「耳かき1杯程度」試験管に入れるはずが、大量に入れ過ぎ、ほかとは異なる結果になった班があった。過去には、実験器具の洗浄が不十分で物質が混ざり、想定外の結果になった班もあった。

前田先生はそうしたイレギュラーもプラスに捉えている。皆でやるからこそ生まれる差異であり、「なぜほかと違ったのか」という新たな問いも生まれるからだ。

自分たちで考えながら
前に進んでいく楽しさを知った

——前田先生の授業で印象的だったことを教えてください。

古庄さん 金属ナトリウムを水に入れる実験です。先生が安全にできるよう工夫してくれて、高温になって燃え上がる危険な実験を、班ごとに自分たちでやることができました。とても楽しかったです。

岩嵯さん ほかに実験をたくさんさせてもらい、化学記号を組み合わせて遊ぶゲームもやりました。自分たちでやってみたことから考えて学ぶことが多いので、すごく頭に入りやすいです。

原田さん 1年生から続く課題研究の授業も楽しいです。理数系の研究をする私たちを前田先生がみてくださったのですが、生徒目線で一緒に考えてくれるし、お決まりのかけ声もできたんですよ(笑)。

——かけ声というのはどういうものですか？

前田さん 「論理とロマン、動と静、コンピテンシー、からのエージェンシー！」です。冷静な分析と感動する心、活発に交流するときと静かに考察するとき、どちらも大事だよ、というのと…。

古庄さん テストの点数には表れない、主体性や協調性、課題を発見して遂行する力も伸ばそうという意味です。僕自身、先生の授業のおかげで、とことんやってみる力がついたように感じています。

前田さん 生徒のことを信頼して、実験とかも「やってみなよ」と任せてくれるので、自分で考えて行動する力も鍛えられました。

岩嵯さん 教科書の暗記ではなく、考えたり話し合ったりと過程を大事にして学ぶようになりました。今後もそうしていきたいです。

原田さん 大人になってから何かに挑むときも「よく考えればできるかもしれない」と。そういう自信がついたように思います。



左より、2年生の原田菜那さん、前田永遠さん、古庄琥丈郎さん、岩嵯澤羽さん

実際、他班との違いを生んだ原因が「気になる」と記録した生徒がいた。

科学的な視点も磨かれる。実験中、目を凝らし、安全に注意してにおいを嗅ぎ、試験管をさわって熱の変化を感じるなど、五感を使って現象と向き合う生徒たち。振り返りでは今後意識したいポイントとして、おのおのが「密度」「溶解度」「濃度」「量」「比重」などを挙げていた。

「今はものごとを動画でも学べる時代です。それだけに、仲間と学び合う、五感を使うなど、学校で皆でやることに意義がある学びというの意識しています」

学んだ内容の「身の回りへの応用」まで考えることで、生徒の興味・関心が広がるのもみてとれた。水を吸うと色が変わる除湿シートを思い出し、それを生んだ人の「発想力を見習いたい」という生徒がいた。「自然の中にもこうした色変化はないか」「色が変わるお菓子の原理を知りたい」「工業廃水の分析に使えるかも」といった思いを抱いた生徒もいた。

「化学の授業は、全員に専門家になることを求めるものではないと感じています。別の道に進む生徒もいますから。ただ、化学に対して『私にはよくわからないけど、すごいね』と、自分を貶めて考えることをやめるような態度にはなつてほしくないんですよ。化学の面白さにつれ、リスペクトできる感覚をもつたうえで、自分がより興味をもつた分野に向かう。生徒たちが自分を卑下することなく、学ぶことを楽しみながら、将来のことも考えるような授業ができたらと思っています」

授業作りのポイント



予想や仮説を立ててものごとを意識的にみるという、科学的な視点を磨いてほしいと思っています。探究的な学びでは、記録を見返すとまた発見があることを知り、粘り強く考える姿勢も育てほしいです。未知のことに遭遇しても、科学的な視点や考える力を基に、自ら道を切り拓いていくことを願っています。

Point.1 /
全員の目で
危険予知

化学の実験をしたときに、爆発や有毒ガスの発生、薬品の飛散などが起きないよう、安全教育を重視。「配慮に欠けた実験現場」の絵を見ながら何が危険か生徒同士で議論するなど、危険予知の力を高め、全員の目でフォローし合うように努めている。

Point.2 /
多様な人と
「化楽」研究

教員同士で化学実験の研究をする「化楽の会」に所属。また、化学分野を中心に教育分野・情報科学分野の専門家が集まったプロジェクト「EGCs」にも参加し、化学ゲームの開発にも従事。化学の楽しさを届ける手法について、研究を続けている。

Point.3 /
映える
ひっくり返す

実験では、目をひく「映える」ものを志向。授業展開では、生徒の思い込みやメンタルモデルを「ひっくり返す」ことを目指している。心を動かすARCSモデル(※)に通じる手法で、Attention(注意)を喚起し、好奇心をまず呼び覚ますのだ。

Point.4 /
記録が
生きる学び

実験では、計測データから考えたことや感じたことまで、生徒が記録を取ることも重視。以降の実験でも同じ物質を使うなど関連性をもたせ、知識や経験が増えるほど、記録したことからもまた新たな気づきを得て、学びが深まるようにしている。

※ ARCSモデルはジョン・ケラーが提唱した理論。「注意(Attention)」「関連性(Relevance)」「自信(Confidence)」「満足感(Satisfaction)」の4つの側面から学習者にアプローチする。