



岩淵先生は「プリントと資料集は読んできたね」と生徒に確認してから授業を始めた。先生が用意した表計算ソフト上のシートの使い方を説明した後、実験を行う上で必要な既習知識を質問。それから、予習として課した本時の実験に関する大学入試の過去問題について、「実験中、この問題も見ながら実験で何が分かるのかを考えよう」と指示した。

●3年生の「化学」の「物質の変化と平衡」の全11コマのうちの10コマ目（1コマは2時間）。過酸化水素を分解する実験を行い、表計算ソフトによる反応速度の計算やグラフの作成を通して、理論的理解を深めた（P. 33に単元の指導計画を掲載）

生徒主体の実験を通して、 協働しながら問題を解決し、 事象の理解を深める力を育む

岩淵先生のアクティブ・ラーニング

学校でしかできない学びを追究し、
実験と協働を重視して授業を構成

岩淵先生は、新任の頃から「学校でしかできない学び」を充実させたいと考え、実験や協働学習を重視する授業づくりをしてきた。

「自然界は人知の及ばない世界です。しかし、環境や条件を整え、自然界の一部を操作する実験を行うことで、未知の事象を解明したいとい



東京都立清瀬高校
岩淵 寛 いわぶち・ひろし

教職歴15年。同校に赴任して4年目。進路指導部代理主任。理科(化学)担当。剣道部・地学部顧問。私立高校等に務めた後、東京都立高校教諭に。日本理化学協会常務理事、東京都高等学校体育連盟剣道専門部総務委員なども務める。

東京都立清瀬高校

◎校訓は、「情熱・誠実・理想」。2019年度は、東京都教育委員会の「アクティブ・ラーニング推進校」「進学指導研究校」「海外学校間交流推進校」「スポーツ特別強化校」などの指定を受け、学校全体で教育活動の改革を推進している。

◎設立 1973(昭和48)年

◎形態 全日制/普通科/共学

◎生徒数 1学年約280人

◎2019年度入試合格実績(現役のみ)

国公立大は、北海道大、東京農工大、国際教養大、首都大学東京などに11人が合格。私立大は、中央大、法政大、明治大、立教大、早稲田大などに延べ414人が合格。

◎URL <http://www.kiyose-h.metro.tokyo.jp/site/zen/>

14:00 実験②



実験①が終わったグループは、条件の違いによる酸素の発生量の変化を確かめるため、過酸化水素水の温度と塩化鉄の濃度を変えて別の実験を繰り返した。岩淵先生の授業では使用が許可されているスマートフォンで、プリントに書かれた語句を調べる生徒もいた。途中、10分間の休み時間があったが、大半のグループは実験を継続していた。

13:35 実験①



過酸化水素水に触媒の塩化鉄を加えて発生させた酸素を、水上置換により捕集する実験を行った。グループごとに器具や試薬を準備し、実験の手順が書かれたプリント(図)を見ながら、器具の操作、データのパソコン入力など、グループ内で役割を分担して作業を進めていった。この間、岩淵先生は、各グループの様子を見て回った。

う思いを、生徒に育みたいと考えています。そこで、授業は実験を中心とし、生徒が自分の手を動かして思考する学びを大切にしています。実験で具体的なエビデンスを得ることで、抽象的な概念は自分のものになると考えています」

現在は、「化学基礎」と「化学」の授業で約60回の実験を行う計画にしている。実験の時間を確保するため、授業は2時間連続とし、教科書を読むことを予習として課し、授業では理解が難しい点に絞って解説する。生徒は、予習で分からなかったことを意識して授業を受けるため、理解が深まりやすくなるという。

また、事前に実験の手順やポイントが書かれたプリント(図)を配布し、それも予習として読ませる。実験前の説明は最低限にとどめて、生徒はプリントを見ながらグループで実験を進めていく。1年次は、生徒が実験に慣れていないため、使用器具や薬品についての説明はするが、2・3年次には、安全面を注意する程度にとどめ、分からない点は生徒同士で相談して解決するように指示している。

「高校の授業で行う実験は、大抵結果が分かっているものであり、ともすれば決まった手順をなぞるだけになります。そこで、生徒が自ら考え、問題を解決する場面を設けることで、実験の面白さを感じさせます。同時に、思考力や主体性を育てようとしています」

今回の授業では、触媒を加えて過酸化水素を分解させた際に発生する酸素量を計測する実験

を行った。その目的は、「化学反応の速度は、物質の濃度や温度などが影響する」ことの理解だ。岩淵先生は、その実験の目的を生徒には伝えず、実験中に「この結果を通して何が分かるのか、グループでよく考えて」と何度も声をかけた。そこには、実験に漫然と取り組むのではなく、その目的や意味を考えさせるねらいがあった。

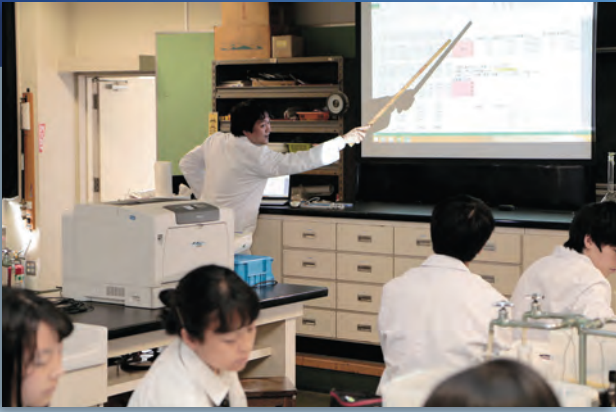
思考の活性化・深化への配慮

答えを教えず自分で考えさせ、自力で問題を解決する力を育て

実験中、特に1年次は質問がよく出てくるが、

The image shows a page from a lab manual. It includes a section titled '実験の手順' (Experimental Procedure) with numbered steps. Below the text is a diagram of an experimental setup for measuring oxygen production, showing a reaction flask connected to a gas collection bottle over water. To the right of the diagram is a large grid for recording data. At the bottom, there is a table with columns for '時間' (Time) and '発生した酸素の体積' (Volume of oxygen produced), with rows for '1年次' (1st year), '2年次' (2nd year), and '3年次' (3rd year).

図 実験の手順が説明されたプリント。実験の結果を記入する欄もあり、考察の流れも分かる。*学校資料をそのまま掲載。



「実験で分かったことを考えてみよう」と、岩淵先生は表計算ソフト上のシートに入力したデータと作成したグラフをスクリーンに映して説明した。「表計算ソフトで自動的にできた計算を、人の手で行うように求めているのが、予習として課した大学入試の過去問題です。既に理論は理解できたはずなので、残りの時間で解いてみよう」と、問題に取り組ませた。



表計算ソフト上のシートに各実験結果を入力し、酸素発生量、過酸化水素濃度、過酸化水素の平均分解速度などのデータからグラフを作成して印刷。グループ内でその結果を見ながら考察し、分かったことをワークシートに記入した。岩淵先生は、「資料集や過去問題に同じグラフがあるよ。分かることを考えてね」と改めて問いかけ、生徒の思考や気づきを促した。

場づくりへの配慮

前提となる知識を予習させて、学び合いを活性化させる

岩淵先生は、生徒同士での協働学習は学校でしかできない学習経験の1つと捉え、主に実験を通じたグループでの学び合いを大切にしている。予習の段階で前提となる知識を共有していることから、授業では各自の考えを伝え合ったり、分からなかった点を確認し合ったりする学び合いが中心となる。そのため、学ぶ内容はレ

岩淵先生は「まずは自分で考えて」とあえて突き放す。すると、生徒は次第に自分で考えて解決するようになり、質問の頻度が減っていく。今回の3年生の授業では、生徒が岩淵先生に質問する場面は見られなかった。

「生徒からの質問の答えは、大抵教科書や資料集に書かれています。まず自分で情報を集めて考え、それでも分からない場合に質問するように伝えていきます」

岩淵先生は、授業中に生徒がスマートフォンで調べものをするのを許可している。インターネットで調べた情報を活用しながら、自分で考える経験を積み重ねることが問題解決力を育むと、岩淵先生は考えている。

「スマートフォンなどをうまく活用し、必要な情報を収集できるようにすることも、これからの時代に求められる資質・能力でしょう」

成果と課題

生徒同士で相談し、問題を解決して実験が完結できるように

ベルの高いものになることが多いと言った。学び合いが停滞していたら、「あそこのグループは、こんなことに気づいていたよ」などと、岩淵先生がほかのグループの考えや気づきを伝えて、学び合いが活性化するようにしている。

プリントの手順通りに実験を進めても、器具の操作の違いなどにより、予測通りの結果が出ないこともある。そうした場面でも、生徒は考えることをやめたり、すぐに先生に質問したりせず、グループ内で相談したり、資料を見直したりして原因を探り、問題を解決しながら実験を完結できるようにしていく。そうした生徒の姿から、思考力や主体性が着実に育成されていると、岩淵先生は手応えを感じている。

定期考査では、問題の約4分の1を資料などを読んで考える内容にし、思考力の伸びを確認している。

「授業で学習方法を示すことはできませんが、それを基に学びを深めていけるかどうかは、生徒個々の主体性にかかっています。身近なことに疑問を持ち、諦めずに理由を追究できる生徒を育てるために、主体性の育ちをどう数値化して把握するのも検討しながら、今後も授業を進化させていきます」

単元の指導計画

【教科・科目】理科・化学 【分野・単元】物質の変化と平衡 【テーマ・作品】化学平衡・反応の速さと仕組み 【設定時数】全11コマの中の10コマ目(1コマは2時間) 【単元目標】概念的な内容を演習や実験で具現化して計算や分析ができる力を育てる。

コマ	学習内容	身につけさせたい資質・能力	授業の流れ	教師の配慮	評価方法
1	化学反応の仕組みと活性化状態、活性化エネルギー、反応熱について	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応の進み方のグラフを理解し、反応熱や活性化エネルギーを求めることができる。 化学反応の進み方に関心を持ち、学習意欲を高める。 【知識、技能、思考力、判断力、表現力、主体性】	講義形式とシチュエーション授業によって、化学反応の進み方を分析させる。また、時間変化に伴って濃度変化があることや、分子の衝突回数による化学反応の進行について、関心を持たせる。	【主体的な学び】 化学平衡は、数学的な処理に入ると学習意欲を失いやすいので、この段階では早まった指導をしない。 【対話的な学び】 生徒が分子のように教室内を動き回り、生徒同士が衝突する状態から化学反応を考えさせる。 【深い学び】 生徒たちがモデルケースを考えたり、数学的処理をしながら深めたりして実験することで、抽象的なものを具体的に理解させる。	授業での積極的な取り組み
2	結合エネルギーと活性化状態、触媒について	<ul style="list-style-type: none"> 反応熱の結合エネルギーを求めることができる。 触媒と多段階反応、律速段階について、また触媒の仕組みを理解する。 概念的な思考力を高める。 【知識、技能、思考力、判断力、表現力、主体性】	化学反応が、原子の結合をすべて切ってから新たな結合を生み出すのではなく、活性化状態を作って進むことを、模型等を使って導き出させる。また、反応熱は結合エネルギーから求められることを理解させる。	【主体的な学び】 化学反応が活性化状態で進行することは、自分たちの人間関係と似ていると伝える。 【対話的な学び】 人文的な考察と、数理的な考察が結びつけられることを理解させる。 【深い学び】 学びは哲学に近いものだとして理解させる。2年次の復習を行い、本時の学習とつながることを理解させる。	問題を適切なアプローチで解くことができるかを評価
3	温度と濃度の変化による化学反応の進み方の違い	<ul style="list-style-type: none"> 化学変化における温度と濃度の影響を考え、正誤問題が解けるとともに、アレニウスの式を理解する。 文章題が解けるようになる。 【知識、技能、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】	温度と濃度の変化による反応速度の違いについて、グループで考察させる。温度の上昇は分子の運動を早めるだけでなく衝突するエネルギーも大きくすることを、車の衝突をイメージさせて理解させる。反応の速さの式を理解させる。	【主体的な学び】 分子の衝突という抽象的な分野を、視点の違う2つの変数を扱うことで、計算という概念にまで発展させる。 【対話的な学び】 変数と定数のまどめは、生徒間に理解度の差が生まれるため、生徒同士で議論させる。 【深い学び】 よい発問は中間指導をしながら拾い上げ、生徒全員に問いかける。また、拾い上げながら、生徒の状態に合わせて軌道修正する。	授業での積極的な取り組み
9	中和滴定曲線におけるpHの求め方と緩衝液	<ul style="list-style-type: none"> 中和滴定曲線の水素イオン指数の変化について理解を深め、問題が解けるようになる。 加水分解定数を用いる場合と緩衝液を用いる場合の違いが判断できる。 【知識、技能、思考力、判断力、表現力、主体性】	中和滴定曲線について復習し、水素イオン指数の計算について考えさせる。緩衝溶液を導入した場合の水素イオン指数の求め方を問題演習から理解させる。	【主体的な学び】 水素イオン指数を求める必要性を、化学基礎の範囲を復習しながら意義付ける。 【対話的な学び】 前時と本時の内容が中和滴定曲線の中に存在することを気づかせ、生徒の対話を促す。 【深い学び】 数式変化による問題の解法は理解が難しいため、教師が手書きしたノートのコピーを授業の最後に配布し、生徒に安心感を与える。	問題を適切なアプローチで解くことができるかを評価
10	反応の速さの実験と講義・分析	<ul style="list-style-type: none"> 過酸化水素の分解反応から、濃度計算やグラフ作成をパソコンで行い、計算問題を解くことで、理論を理解する。 【知識、技能、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】	反応速度が濃度に影響することを、過酸化水素の分解反応から理解させる。表計算ソフトを使って複雑な計算とグラフの作成を行う。	【主体的な学び】 数学的処理が多いため、パソコンを利用し、大学生レベルの分析をさせる。 【対話的な学び】 実験内容を事前に予習させ、グループ内で検討を深めさせる。 【深い学び】 表計算ソフトを用意し、情報処理についても理解させる。	実験内の活動と、その内容を取り上げた問題演習をし、入試問題を解けるようにする。 ※11コマ目も「評価方法」は同様。
11	溶解度積の実験と講義・問題演習	<ul style="list-style-type: none"> 溶解度積の実験を通して、溶解度積と共通イオン効果を理解し、問題演習を通して理論を理解する。 【知識、技能、思考力、判断力、表現力、主体性、多様性、協働性】	溶解度積を導入し、溶解度積の実験で、共通イオン効果について観察させる。	【主体的な学び】 実験後に解説し、内容を考察させながら理解させる。 【対話的な学び】 実験内容を予習させ、グループ内で検討を深めさせる。 【深い学び】 計算が実験結果と一致すること、抽象的な概念がより具現化されることを理解させ、分野を完結させる。	※11コマ目も「評価方法」は同様。

*岩淵先生作成の単元の指導計画を基に編集部で作成。単元の指導計画の全11コマ分は、ベネッセ教育総合研究所のウェブサイト(<https://berd.benesse.jp/>)からダウンロードできます。「HOME→教育情報→高校向け」をご覧ください。

生徒の声



鈴木泰生さん 岩淵先生の授業は、予習することが前提です。毎回しっかり教科書やプリントを読んでから授業に臨んでいます。ただ、内容をすべて理解しておく必要はなく、分かったことや分からないことを把握しておけば大丈夫と、先生に言われています。予習してある程度の知識を持っていると、「きつとこうだろう」と予想しながら学べるので理解しやすく、予想と違った場合は「なぜだろう」と考えを深めていきます。

授業では、時間内に実験を完了させるために、次にすべきことを考えて行動するようにになりました。化学は暗記科目だと思っていました。実験の考察ではしっかり考える必要があるため、知識と思考力の両方が求められると実感しています。また、メンバーの考えを聞くと、自分の考えが広がる感じがします。



三浦玉愛さん 岩淵先生に初めて質問した時、「まずは自分で考えて」と返されて、とても驚きました。

それまでは、分からないことを質問するのが勉強だと思っていました。でも、自分で調べた後、それを基に考えると、自分で解決できることが意外に多いと気づき始めました。3年生になると、授業中、先生からの問いかけにはっと答えられることが多くなりました。知識が増えたからだけでなく、即座に考える力がついたからだと思います。

実験は、グループで楽しく話し合いながら進めています。もちろん、みんなで協力して進めないと、適正な結果が出ず、予定の時間内に終わりません。メンバー間で役割を分担することで、協力して活動する力もつきました。