

高等学校理科 化学基礎「物質と化学反応式」

対象児童生徒	岩手県立花巻南高等学校 1学年普通科 3クラス (123名)
使用ソフト等	Microsoft Teams・Excel
端末環境	Chromebook (生徒機1人1台・教員機1台) Windows タブレット (教員機1台)
概要	<p>本時の目標は「炭酸カルシウムと塩酸の反応について実験を行い、過不足のある反応の量的関係を見いだして表現する」ことであった。その目標を達成するために、次の三つの学習場面でICTを活用した。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 プロジェクターとプレゼンテーションソフトを活用して既習内容を振り返ることで、本時の学習内容に関するレディネスを整えることができたようにした。 2 短時間に編集した実験操作に関する動画を Microsoft Teams 上にアップロードした。家庭学習など生徒にとって都合がつく時間にオンデマンド視聴することで、実験技能に関するレディネスを整えることができたようにした。 3 実験結果や考察をまとめてレポートを作成するため、あらかじめ授業者が Excel で作成した実験レポートのテンプレートを、Microsoft Teams 上にアップロードすることで、班員で協働して実験レポートを制作できるようにした。また、実験レポートに実験結果を入力すると速やかにグラフが作成されるようにすることで、班員でグラフを共有して議論できるようにした。

1 ICTの活用場面

A 一斉学習	B 個別学習	C 協働学習
<p>挿絵や写真等を拡大・縮小、画面への書き込み等を活用して分かりやすく説明することにより、子供たちの興味・関心を高めることが可能となる。</p>	<p>デジタル教材などの活用により、自らの疑問について深く調べることや、自分に合った進捗で学習することが容易となる。また、一人一人の学習履歴を把握することにより、個々の理解や関心の程度に応じた学びを構築することが可能となる。</p>	<p>タブレットPCや電子黒板等を活用し、教室内の授業や他地域・海外の学校との交流学习において子供同士による意見交換、発表などお互いを高めあう学びを通じて、思考力、判断力、表現力などを育成することが可能となる。</p>
<p>A1 教師による教材の提示</p>  <p>画像の拡大提示や書き込み、音声、動画などの活用</p>	<p>B1 個に応じた学習</p>  <p>一人一人の習熟の程度等に応じた学習</p>	<p>C1 発表や話し合い</p>  <p>グループや学級全体での発表・話し合い</p>
<p>B3 思考を深める学習</p>  <p>シミュレーションなどのデジタル教材を用いた思考を深める学習</p>	<p>B4 表現・制作</p>  <p>マルチメディアを用いた資料、作品の制作</p>	<p>C2 協働での意見整理</p>  <p>複数の意見・考えを議論して整理</p>
<p>B5 家庭学習</p>  <p>情報端末の持ち帰りによる家庭学習</p>	<p>C3 協働制作</p>  <p>グループでの分担・協働による作品の制作</p>	<p>C4 学校の壁を越えた学習</p>  <p>遠隔地や海外の学校等との交流授業</p>

「教育の情報化に関する手引―追補版―」2020年6月 文部科学省

A 1 教師による教材の提示

プロジェクターを用いて PowerPoint で作成したプレゼンテーション資料を拡大表示することで、前時の学習内容を振り返る際に、既存の知識と本時の学習課題を関連付けることができるようにする。また、探究の過程に沿って学習活動を進める際に、生徒自身が見通しをもって取り組むことができるようにする。

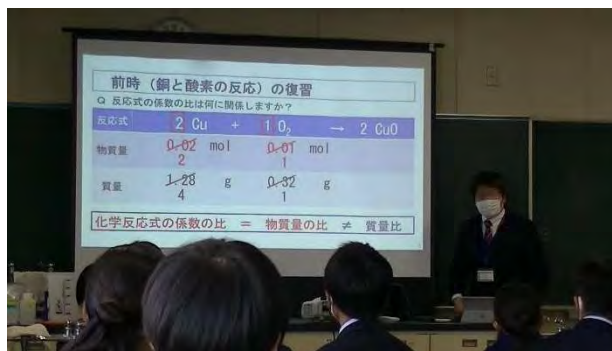


図1 資料を拡大表示している様子

B 5 家庭学習 B 1 個に応じた学習

本時の実験で扱う器具の操作方法や安全上の留意点についてまとめた動画を3分程度に編集し、Microsoft Teams 上にアップロードする。放課後や家庭学習、授業開始直前など、生徒個々の都合のよい時間にオンデマンドで動画を視聴することができるようにする。これにより、手際よく正確に実験することができるようにする。



図2 電子天秤の使い方の説明

C 3 協働制作 C 2 協働での意見整理

探究の過程に沿って作成した実験レポートのテンプレートを Excel で作成し、Microsoft Teams 上にアップロードする。班員で協働して編集し、班ごとに実験レポートを作成できるようにする。

議論やレポート作成の際に、資料を手元に置いて詳しく見たり入力したりすることができるようにする。

実験レポート上で、数値を入力すると自動で計算されたり、グラフにプロットと検量線が自動的に表示されたりするようにする。数値計算やグラフの作成にかかる時間を短縮することで、考察の際の議論の時間を十分に確保することができるようにする。



図3 実験結果を入力している様子

2 単元の指導と評価の計画 (全体 10 時間)			
時	学習活動	指導上の留意点	評価規準・評価方法
1	<ul style="list-style-type: none"> 米粒や大豆 1 粒あたりの質量を測定し、微粒子の質量の表し方について問題を見いだす。 同数の米粒と小豆の質量とを比較し、^{12}C を基準とする相対質量について考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 米粒や大豆 1 粒はとて小さく、その質量の測定が困難であることを実感できるようにする。 米粒や小豆の質量を比較するよりも相対値を用いた方が分かりやすいことを実感することで、原子を相対質量で表すことの意義について捉えることができるようにする。 	<p>【主体的】〔発言〕</p> <p>米粒や小豆 1 粒の質量を測定したり比較したりする活動を通して、微視的な粒子の化学量の表し方について見通しをもつことができる。</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> 原子量が同位体の相加平均であることを理解する。 分子量や式量が構成原子の原子量の総和で表されることを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> 種々の元素の原子量や分子量、式量を計算することで、その求め方を身に付けることができるようにする。 	<p>【知・技】〔発言〕</p> <p>原子量が同位体の相加平均であることを理解している。また、分子量や式量が構成する原子の原子量の総和で表されることを理解している。</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> 多量の小さな粒を効率的に数える方法を理解する。 粒子の数に基づく量の表し方である物質量を理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> 多量の小さな粒を数えることで、1 粒ずつ数えるよりも例えば 10 個を一括りにして数えた方が分かりやすいことを、見いだして理解することができるようにする。 物質 1 mol が 6.02×10^{23} 個という極めて膨大な数の集団であることを理解することができるようにする。 	<p>【知・技】〔行動観察・記述分析〕</p> <p>多量の小さな粒を数えることを通して、効率的に数える方法を個人またはグループで協議し、物質量について理解している。</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な物質を用いて、物質量と粒子数、質量、気体の体積との関係を説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 物質 1 mol の定義を理解することで、物質量と粒子数、質量、気体の体積への単位変換を考えることができるようにする。 	<p>【思・判・表】〔記述分析〕</p> <p>物質量と粒子数、質量、気体の体積との関係を説明している。</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> 溶液の体積と溶質の物質量との関係を表すモル濃度を理解する。 水溶液に含まれる溶質の質量を求め、質量パーセント濃度とモル濃度の違いを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> 種々の溶液のモル濃度を計算することで、その求め方を身に付けることができるようにする。 同じ質量パーセント濃度の塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混合しても中性を示さないことを観察することで、溶質の種類が異なる溶液間の濃度の比較にはモル濃度を用いることを、実感を伴って理解することができるようにする。 	<p>【知・技】〔発言〕</p> <p>質量パーセント濃度とモル濃度の違いを理解している。</p>
6	<ul style="list-style-type: none"> 決められた濃度の溶液を正しく調製する技能を身に付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 量りとり溶質の質量を計算したり、メスフラスコを用いて実際に溶液調製したりすることで、決められた濃度の溶液を正しく調製する技能を身に付けることができるようにする。 	<p>【知・技】〔行動観察〕</p> <p>適切な実験器具を用い、適切な手順で決められた濃度の溶液を正しく調製する技能を身に付けている。</p>
7	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応式の表し方を身に付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 反応を粒子のモデルで表すことで、反応に関わる粒子数と化学反応式の係数の関係について考えることができるようにする。 	<p>【知・技】〔記述分析〕</p> <p>粒子の数に着目して化学反応式の係数を決定する技能を身に付けている。</p>
8	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応式の係数の比が、何に関係しているのか予想する。 	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応式の量的関係を、物質量、粒子数、質量、気体の体積等で比較することで、反応の係数と物質量の関係について、見いだすことができるようにする。 	<p>【思・判・表】〔記述分析〕</p> <p>化学反応式の係数の比が、物質量の比と関係していることを見いだして表現している。</p>
9 本 時	<ul style="list-style-type: none"> 炭酸カルシウムと塩酸の反応をグラフで表し、過不足のある化学反応について関係性を見いだして表現する。 	<ul style="list-style-type: none"> グラフの形状と、反応後のコニカルビーカーの様子を多面的に考えることで、炭酸カルシウムの過不足について見いだすことができるようにする。 	<p>【思・判・表】〔記述分析・発言〕</p> <p>炭酸カルシウムと塩酸の反応をグラフで表し、過不足のある化学反応について説明している。</p>
10	<ul style="list-style-type: none"> 土壌改良剤に含まれる炭酸カルシウムの純度について、これまで学習した化学反応の量的関係の知識を活用して、実験を通して課題を解決しようとする。 	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応の量的関係を用いて、土壌改良剤に含まれる炭酸カルシウムの純度を求めることができることを、見いだして考えることができるようにする。 	<p>【主体的】〔行動観察・記述分析〕</p> <p>土壌改良剤に含まれる炭酸カルシウムの純度について、見通しをもったり、他者と関わりながら振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。</p>

3 ICTを活用した授業例（第9時）	
本時の目標	炭酸カルシウムと塩酸の反応について実験を行い、過不足のある反応の量的関係を見いだして表現することができる。

○指導過程

	学習活動	指導上の留意点 (◇評価 【 】評価の観点 ■活用するICT機器等)
前日	・家庭学習等で実験方法に関する動画を視聴し、実験に対する理解を深める。	■生徒各自の情報端末・Microsoft Teams [B5]
導入5分	1 前時の学習内容(化学反応の量的関係)を想起する。 2 炭酸カルシウムと塩酸の反応について、加える塩酸と発生する二酸化炭素の物質量の関係について予想する。 3 学習課題を把握する。	■Chromebookの起動・Microsoft Teamsへのサインイン ■プロジェクター・PowerPoint [A1] ・化学反応式の係数の比と物質量の比が関係していることを想起することで、本時の学習内容について見通しを持つことができるようにする。 ・塩酸と二酸化炭素の物質量の関係について、前時の学びを活かして予想することで、本時の実験に対する仮説を立てるとともに学習課題の設定につなげる。
	炭酸カルシウムと塩酸の化学反応において、加える塩酸と発生する二酸化炭素の物質量は、どのような関係になるか。	
展開40分	4 実験する。 ① コニカルビーカーに炭酸カルシウムを5.0g量りとる。 ② メスシリンダーに2.0 mol/L 塩酸を一定体積(10~100 mL)量りとる。 ③ ①のコニカルビーカーと②のメスシリンダーの合計質量を測定する。 ④ ①の炭酸カルシウムに②の塩酸を注いで反応させる。 ⑤ コニカルビーカー内にドライヤーで風を送り(30秒程度)、残留する二酸化炭素を追い出す。 ⑥ ④のコニカルビーカーと空のメスシリンダーの合計の質量を測定する。 ⑦ ③と⑥の質量の差を求め、発生した二酸化炭素の質量を求める。	■Microsoft Teams [B1] ・実験操作の習得状況により、実験動画を視聴しながら実験してもよいこととする。 ・1班25 mL、2班30 mL、…というように、1班あたりの割り当てを決めて、1プロット分の実験にとどめることで、考察の時間を十分に確保できるようにする。 ・実験が終わった班は、発生した二酸化炭素の質量を授業者に報告することで、クラス全体で実験結果を共有することができるようにする。 ・実験操作を正しく理解し、実験器具を安全に使用できているかについて、机間巡視により生徒の活動の様子を観察する。
	5 結果を整理し、塩酸 vs 二酸化炭素のグラフを作成する。 6 考察する。 ・グラフがなぜそのような形になるか、グループで話し合う。 ・グラフ上の代表的な3点について、理論値を計算し、反応の過不足について確認する。 7 まとめる。	■Microsoft Teams・Excel [C3] [C2] ・グラフの作成においては、あらかじめ個人で考えてから他者と意見交流することで、正しいグラフの描き方について身に付けることができるようにする。 ◇【思・判・表】実験結果をグラフで表し、過不足のある化学反応について説明している。 ・反応後のコニカルビーカーについて、炭酸カルシウムの存在の有無を観察し、グラフの形状と比較することで、過不足のある量的関係について多面的に考えることができるようにする。
はじめのうちは加える塩酸の量に比例して二酸化炭素が発生するが、さらにたくさん加えると炭酸カルシウムがなくなるため、二酸化炭素の発生量は一定になる。		
終末5分	8 学習を振り返る。 「本時の学習の前後を振り返って、何ができるようになったか」を視点に振り返る。	・本時の学習活動の前後を比べることで、自己の変容を自覚することができるようにする。
	<学習の振り返り例> 授業のはじまりの段階では、化学反応の過不足のことは全く考えていなかったけれど、実験により確かめることによって、過不足ある量的関係について実感を伴って理解することができた。	

4 ICTを活用した学習活動の様子

【B 個別学習】 B5 家庭学習

本時の実験操作や、実験器具を扱う上での留意点について、授業者による演示実験の様子をビデオ撮影し、短時間で視聴できるように編集した実験動画を作成した（表1）。

授業前の準備として、Microsoft Teams にクラスごとのチームを立ち上げ、実験動画と Excel で作成した実験レポートのテンプレートをアップロードした。また、一つのファイルにアクセスが集中しないように、班ごとにファイルを分けて、PCの動作が遅くならないようにした。

生徒は、家庭学習など各自の都合のよい時間に実験動画を視聴した。動画を3分程度に編集したことで、本時の授業までに繰り返し視聴した生徒もいた。

表1 実験動画の内容

	実験操作	留意点
①	コニカルビーカーに炭酸カルシウムを5.0g量りとる。	—
②	メスシリンダーに2.0mol/Lの塩酸を一定体積量りとる。	・駒込ピペットの使い方 ・メニスカス
③	①のコニカルビーカーと②のメスシリンダーの合計質量を測定する。	・電子天秤の使い方 (ゼロ点補正)
④	①の炭酸カルシウムに②の塩酸を注いで反応させる。	・吹きこぼしに注意 (誤差につながる)
⑤	コニカルビーカー内にドライヤーで風を送り、残留する二酸化炭素を追い出す。	・冷風に設定する
⑥	④のコニカルビーカーと空のメスシリンダーの合計質量を測定する。	—
⑦	③と⑥の質量の差を求め、発生した二酸化炭素の質量を求める。	—

【A 一斉学習】 A1 教師による教材の提示

表2に、本実践の導入の場面の授業記録を示す。高等学校・理科では、「課題の把握」「課題の追究」「課題の解決」という探究の過程に沿って、資質・能力を育成していくことが重視されている。その中でも「課題の把握」について、事象に対する気づきを大切に、課題を設定し、その課題に対する仮の答え、すなわち仮説の設定につなげることは、課題解決に向けた見通しを明確にもつことができるようにするためにも極めて重要である。

表2 探究の過程を意識した導入の場面の授業記録

・前時の振り返りを行っている場面	T：前時から、化学反応の量的関係について学習しています。化学反応式の係数の比は何に関係しますか？ S：物質質量。 T： $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$ の反応において、0.02molの銅と反応する酸素は0.01molですね。では、銅を0.04mol、0.06molと増加していくと、反応する酸素の物質質量はどのように変化しますか？ S：0.02mol、0.03mol…と増加していく。 T：これをグラフで表したとき、右肩上がりの直線の関係を何といいますか（図4）。 S：比例。
・前時と本時を関連付け、事象に対する気づきを促している場面	T：本時の実験で扱う $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ の反応でも、銅と酸素の反応と同じような量的関係が成り立つのでしょうか？一定量の炭酸カルシウムと反応する塩酸の物質質量を0.02mol、0.04mol、0.06molと増やしていくと、発生する二酸化炭素の物質質量はどのように変化すると予想できますか？計算してグラフに表してみましょう。 S：（グラフを作成し、比例の関係になることを班で確認。）
・仮説を設定する場面	T：このグラフによる予想を、言葉で表現してみましょう。 S：（レポートに『物質質量の比は化学反応の係数の比に等しいので、塩酸と二酸化炭素の物質質量の間には比例の関係が成り立つ。』と記入。）
・学習課題を提示する場面	T：本時の学習課題を示します。『炭酸カルシウムと塩酸の化学反応において加える塩酸と発生する二酸化炭素の物質質量はどのような関係になるか』ということについて、実験結果をグラフに表し、考察してみましょう。

そこで、本時の導入の場面では、化学反応の量的関係について、前時で扱った銅と酸素の反応を例に示し（図4）、本時で扱う炭酸カルシウムと塩酸の反応を予想することで、前時と本時の学習内容について関連付けることができるようにした。また、事象に対する気づき、仮説の設定、学習課題の設定を関連付けることで、生徒自身が本時の学習課題の解決に向けて、見直しをもって取り組むことができるようにした。



図4 前時の振り返りをしている様子

【B 個別学習】 B1 個に応じた学習

「課題の追究」の場面における、実験の様子を図5に示す。事前に実験操作に関する動画を視聴したことで、実験で扱う器具の操作方法や留意点について正しく理解し、安全かつ手際よく実験を進めることができた。特に、塩酸をこぼしてしまうと質量の誤差が大きくなるため、こぼさないように慎重に実験する様子が見られた。したがって、図6に示すとおり、得られたグラフは理論値に極めて近いものとなった。



図5 メスシリンダーに塩酸を量り取る様子

【C 協働学習】 C3 協働制作 C2 協働での意見整理

Microsoft Teams 上の実験レポートを立ち上げ、実験で得られた数値や考察した内容を入力するなど、班員で協働して制作した。

Excel の実験レポートは、事前に授業者がテンプレートを作成することで、生徒のICT活用に関する負担を軽減できるようにした。例えば、実験で得られた二酸化炭素の質量を入力すると、自動で物質質量に変換されるようにし、さらにグラフ上にプロットや検量線が自動で表示されるようにした（図6）。このため、実験結果を整理する場面では、速やかにグラフの作成がなされ、その後の考察の時間を十分に確保することができた。

「課題の解決」の場面において、実験結果を考察する際、Chromebook の画面を眺めながら班で議論した。完成したグラフについて 塩酸と二酸化炭素の物質質量の関係が2直線からなるグラフで表されるのはなぜか、考察した（図7）。

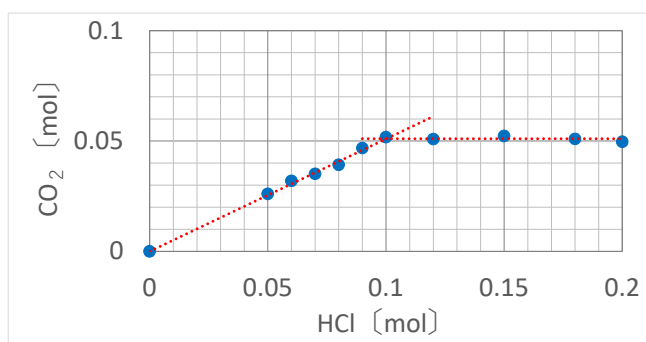


図6 実験結果から得られたグラフ



図7 議論の様子

表3 グラフの形から過不足のある量的関係について考察する場面での授業記録

T : 実験結果をグラフに整理すると、2直線からなるグラフが得られました。グラフの前半が比例の関係になるのは、仮説のとおりでした。では、グラフの後半が一定になるのはなぜですか？	
《A班の議論の内容》 A 1 : 炭酸カルシウム 5g に対して塩酸が反応しきったってことでしょうか？5g に対して反応できる塩酸は… (説明が続かない) A 2 : … (A 1 の説明を理解できていない)	《B班の議論の内容》 B 1 : 炭酸カルシウムと反応できる塩酸の量には限りがあるんじゃない？ B 2 : えー、わかんない。どういうこと？
T : 考察に苦勞している班のために、ヒントを出します。加える塩酸の量が少ないコニカルビーカーは白く濁っていますね？加える塩酸の量が多いコニカルビーカーは無色透明ですね？どうしてこのような違いが出たのでしょうか？皆さんの実験レポートにも、コニカルビーカーの写真があるので、グラフに重ねてみましょう (図8)。	
A 1 : 塩酸が 0.1mol で溶けきった訳じゃない？ A 2 : うん。 A 1 : 溶けきったからグラフは変化しなくて、こっちは白く濁ってないでしょう？溶けきっていないから、こっちは白く濁っているでしょう？ A 2 : うん。(頷きながら A 1 の説明を聞いている)	B 2 : 白く濁っているのは、炭酸カルシウムが残っているからだよね。こっちは無色透明なのは、炭酸カルシウムがなくなったってことかな。 B 1 : 塩酸の物質量が 0.1mol を超えると、炭酸カルシウムが全て反応するから、二酸化炭素がそれ以上発生しなくなるんじゃない？

表3に、考察の場面における授業記録を示す。A班の生徒A1は、議論が始まってすぐに、班員に対して自分の考えを述べたが、他の生徒を納得させる説明ができなかった。しかし、議論の途中で、授業者がグラフの交点について考えを促すための支援(図8)を出したことで、A1は議論の後半では他の生徒を納得させるような説明をすることができた。これは、A1の説明の中に、グラフの交点、すなわち炭酸カルシウムと塩酸が過不足なく反応する点である「塩酸0.1mol」という具体的な言葉が出てきたためであると考えられる。また、A1以外の生徒についても、考える視点が明確になり、他者の説明を受け入れる準備が整ったためだと考えられる。

考察の内容を整理して、本時のまとめを実験レポートに表現した。レポートはMicrosoft Teams上で共有されているので、授業後に授業者が閲覧し、記述分析による評価に活用することができる(表4)。

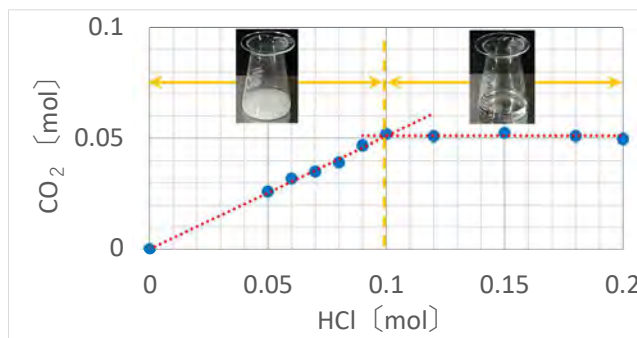


図8 ヒントを重ねたグラフ

表4 評価基準と実験レポートへの記述内容の例

評価基準	生徒の記述内容の例
A 炭酸カルシウムと塩酸がちょうど反応する点(グラフの交点)に触れた上で、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できている。	0.05molの炭酸カルシウムに加える塩酸が少量のときの反応では、発生する二酸化炭素の量が塩酸の量に伴い増加する比例関係であるが、塩酸が0.1molを超えると、炭酸カルシウムが全て反応してなくなり、二酸化炭素の量に変化がなく、一定となった。
B 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できている。	グラフの前半では、物質量の比は反応式の係数の比に等しいので、塩酸と二酸化炭素の物質量の間には比例の関係が成り立つ。グラフの後半では、炭酸カルシウムの反応が終わって一定になっている。
C 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由は説明できているが、後半のグラフが一定になる理由を説明できていない。	物質量の比は反応式の係数の比に等しいので、比例の関係が成り立つ。

5 ICTを活用したことによる学習の成果と指導上の留意点

授業実践から5日後に、授業に出席した生徒を対象に、質問紙法による事後調査を行った。図9に質問紙の内容を示す。

質問1 ICTの活用に関するアンケート

今回の授業では、以下の(1)~(3)の場面でICTを活用しました。これらの場面におけるICT活用は、本時の授業を進めるうえでどれくらい役に立ちましたか。次の①~④から1つ選び、番号で回答してください。また、そのように回答した理由について、自由に記述してください。

①役立った ②どちらかといえば役立った ③どちらかといえば役立たなかった ④役立たなかった

(1) 家庭学習等で事前に動画を視聴する場面 [理由]

(2) 実験結果を整理してグラフを作成する場面 [理由]

(3) グラフの形状について、班で議論を深める場面 [理由]

質問2 授業内容の達成度に関するルーブリック評価

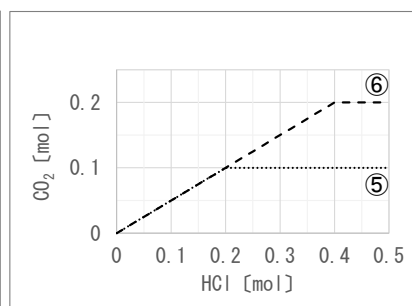
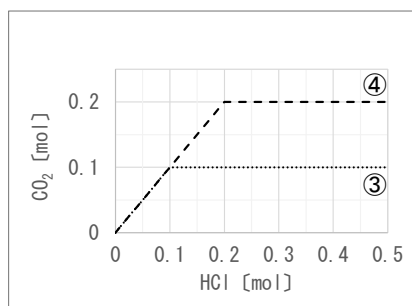
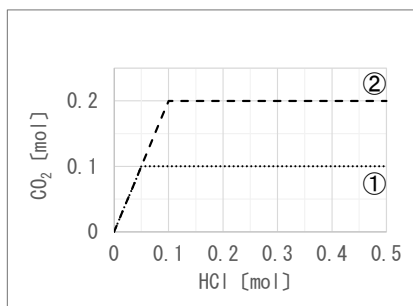
今回の授業の目標は、「炭酸カルシウムと塩酸の反応について実験を行い、過不足のある反応の量的関係を見いだして表現する」ことでした。あなたは、この学習課題をどれくらい達成することができましたか。次の4~1から1つ選び、回答してください。

4	炭酸カルシウムと塩酸がちょうど反応する点（グラフの交点）に触れたうえで、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できた。
3	塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できた。（＝目標達成の基準）
2	塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由は説明できたが、後半のグラフが一定になる理由を説明できなかった。
1	塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由を説明できなかった。

質問3 授業内容の達成度をはかるペーパーテスト

炭酸カルシウムと塩酸の反応は次の化学反応式で表されます。 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

いま、0.10molの炭酸カルシウムに塩酸を少量ずつ加え、二酸化炭素を発生させました。このとき得られるグラフの形として正しいものはどれですか。次の①~⑥から一つを選び、番号で答えてください。また、その理由も答えてください。



[番号 理由]

質問4 最後に、今回の授業に関する感想をお書きください。 []

図9 事後調査における質問紙の内容

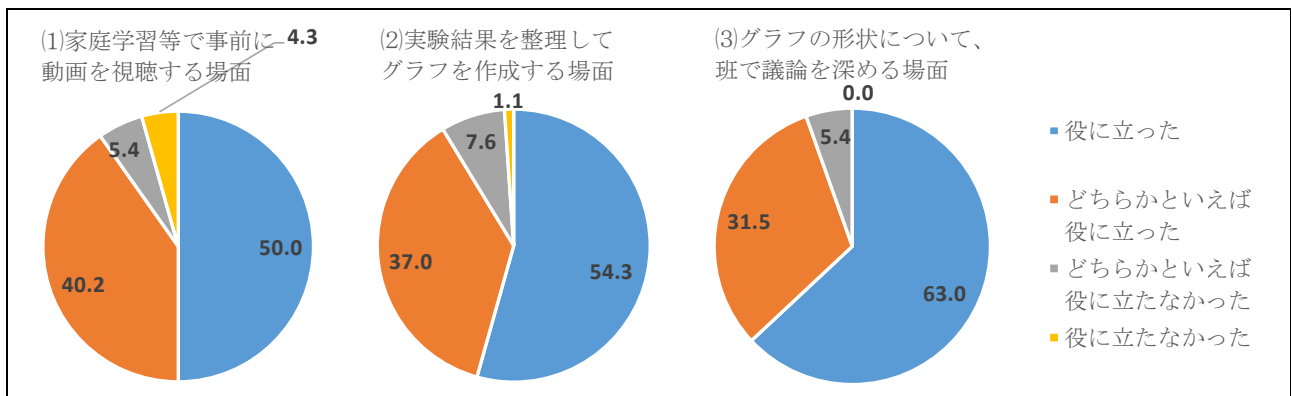


図 10 アンケートの結果

【学習の成果】

1 個別学習について

実験を行う場面では、駒込ピペットの持ち方、メスシリンダーの目盛りの合わせ方、電子天秤の使い方など、実験上の留意点を把握した上で取り組む様子が見られた。また、オンデマンドの動画は、授業中でも自由に視聴することができるため、実験操作に自信がない班は、動画を視聴しながら実験に取り組む様子が見られた。このように、ICTコンテンツを用意しておけば、授業者が指示を出さなくても、生徒が自発的に活用することが分かった。実験の正確性についても申し分なく、理論値に近いグラフが得られた(図6)。

質問1のアンケート結果を、図10に示す。(1)より、動画の事前視聴について、「①役に立った」「②どちらかといえば役に立った」と肯定的に回答した生徒の割合は約90%であった。そのように回答した理由についても、「スマホでもMicrosoft Teamsを利用していたので、実験動画をいつでも見ることができた。」「実験操作を一回の説明で理解できないことが多いので、何度も見返せる動画があって助かった。」「事前に実験の手順を確認することで、実験をスムーズに進めることができた。」などの肯定的な回答が得られた。

これらを総合的に判断して、事前に実験動画を視聴することは、実験技能に関するレディネスを整える上で有効であるといえる。

2 協働学習について

本時の目標は「炭酸カルシウムと塩酸の反応について実験を行い、過不足のある反応の量的関係を見いだして表現する」ことであった。この目標を達成するために、Microsoft Teams上に格納した実験レポートを用いて班ごとに実験結果の整理・分析を行い、得られたグラフを班で共有して議論し、科学的な根拠に則して結論を導き出すことができるようにした。

図10(2)及び(3)より、グラフ作成や班で議論する際にICTを活用することについて、「①役に立った」「②どちらかといえば役に立った」と肯定的に回答した生徒の割合は90%以上であった。また、そのように回答した理由についても、「Excelで計算やグラフの作成を行うことで、プリント上で自力で計算する時間や書く時間が省けた分、グループワークや考えることに時間に使うことができた。」「正確な結果を班の全員で共有することができた。グラフをもとに話し合うことで議論が発展した。」「それぞれの意見を言い合うことで、より正確でグループ全員が納得する意見が出せた。」などの概ね肯定的な回答が得られた。

これらの回答から、実験レポートの協働制作を通して、生徒同士の対話が促され、意見交流や教え合いにより、学習内容の理解につながったという充実感や達成感がうかがえる。

表5 ルーブリックによる自己評価の結果

到達度	割合 [%]
4 炭酸カルシウムと塩酸がちょうど反応する点（グラフの交点）に触れた上で、前半のグラフが比例になる理由と後半の後半のグラフが一定になる理由を両方説明できた。	37.0
3 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できた。	48.9
2 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由は説明できたが、後半のグラフが一定になる理由を説明できなかった。	8.7
1 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由を説明できなかった。	5.4
計	100.0

表6 実験レポートの記述分析の結果

評価基準	割合 [%]
A 「十分満足できる」 炭酸カルシウムと塩酸がちょうど反応する点（グラフの交点）に触れた上で、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できている。	14.8
B 「概ね満足できる」 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由と後半のグラフが一定になる理由を両方説明できている。	70.4
C 「努力を要する」 塩酸と二酸化炭素のグラフについて、前半のグラフが比例になる理由は説明できているが、後半のグラフが一定になる理由を説明できていない。	14.8
無回答	0.0
計	100.0

【指導上の留意点】

(1) 資質・能力の育成

質問2のルーブリック評価による自己評価で、本時の目標達成の指標である「3」および「4」と答えた生徒の割合は85.9%であった（表5）。また、実験レポートの記述分析で、本時の目標達成の指標である「B」および「A」に相当する班の割合は85.2%であった（表6）。このように、生徒の自己評価と授業者による客観的評価の双方で高い値を示した一方、質問3のペーパーテストで反応の当量を判断

して2直線の交点を読み取って正答を導いた生徒は、全体で58.7%にとどまった。このことから、汎用的に活用できる程度の思考力の育成には課題が残った（表7）。実験レポートの記述分析で「C」に相当する班については、意見交流の内容に不足や考え違いがある場合に、他の班の考察を参考にして自分たちの考察が妥当かを改めて振り返る場面を設けるなど、更なる支援が必要である。

(2) 生徒のICT活用技能を想定した1単位時間の指導計画

今回の実践では、当初計画していた展開案のうち、4分の3程度の内容のみの実施となった。その主な理由は、ICTの操作方法について説明したり、生徒が入力したりする時間を確保したことで、化学の授業内容に割くことのできる時間が短くなったためである。質問4にはICT活用に対する肯定的な感想が多かったが、一部では「授業のスピードが速くて、ついていくのに大変だった。理解が難しかった。」「タブレットPCを使っただけの授業は、使い方があまり分からず、大変だった。」「わざわざタブレットPCを使ってやるような授業ではない。紙に書いた方が速い。」などの感想もあったことから、授業内容の理解とICT操作という情報量・作業量の多さに困惑していた生徒がいた様子がうかがえる。ただし、これらはいくまで一時的なものであり、今後、すべての授業でICT活用が進み、基礎的な操作が身に付くことで解消していくと見込まれる。

表7 ペーパーテストの結果

解答類型	割合 [%]
(正答) ⑤ 比例区間の傾きとグラフの交点を読み取ることができている	58.7
(誤答) ⑥ 比例区間の傾きは読み取れているがグラフの交点は読み取れていない	26.1
(誤答) 他 比例区間の傾きを読み取れていない	15.2
計	100.0