

〈化学〉

化学的に探究する能力を育てる授業の工夫

—観察、実験を中心に、問題を解決していく取り組みを通して—

沖縄県立球陽高等学校教諭 金城 雄 一

I テーマ設定の理由

「高等学校学習指導要領解説 理数編（平成 21 年 7 月）」（以下「解説理数編」と略す）の理数化学の目標では、「化学的な事物・現象についての観察、実験などを行い、自然に対する関心や探究心を高め、化学的に探究する能力と態度を育てるとともに、化学の基本的な概念や原理・法則の系統的な理解を深め、科学的な自然観を育成する。」とある。この中の「化学的に探究する能力と態度を育てる」というのは、「化学的な事物・現象の中から問題を見だし、既に学んできた化学の知識とも関連させながら、観察、実験を中心に問題を解決していくという探究の過程をたどらせることによって科学の方法を習得させ、化学的に探究する能力や態度を育成することを示したものである。」と述べている。

本校は、難関国公立大学を志望する生徒が多く、大学受験を意識して学習に取り組む生徒が多い。授業は、学習内容の確認後に、個人やグループで問題に取り組む時間を多く設けているため、問題を解く力がついている生徒が多い。しかし、実験では操作手順が不慣れで、内容を理解するのに時間がかかる生徒が多い。また、既に学んできた化学の知識を活用する能力が身につけていないため、簡単な考察で終わるなど、学習内容やその現象に対して化学的に探究する能力が育っていないと思われる。

そこで本研究では、「解説理数編」にある「観察、実験を中心に問題を解決していくという探究の過程」をたどらせるために、観察、実験に問題を取り入れ、これらの問題を解決させるために、探究活動をステップアップさせて繰り返すことで、化学的に探究する能力を育てることができると考える。

また、本研究に含まれていないが、本校はスーパーサイエンスハイスクール（以降SSH）の研究指定校である。特に理数科では、「課題研究」に取り組んでいる。1 年理数科の「SSH探究 I」では、3 学期に 2 年で行う課題研究の研究テーマ設定に取り組んでいるが、週 1 回の授業では、研究テーマを見つけさせることが難しい状況にある。本研究で、化学的に探究する能力を育てることができれば、「理数化学」においても、「SSH探究 I」での研究テーマを決める手助けになるであろう。

〈研究仮説〉

「酸化と還元」において、演示実験に問題を設定し、既習内容と簡易な実験の知識を関連させながら問題解決（謎解き）をさせたり、実験に問題を取り入れて実験方法や結果の仮説を設定させた後に、実験を検証させたりする等の探究活動を行うことで、化学的に探究する能力が育つであろう。

II 研究内容

1 実態調査

(1) 目的

アンケート調査から生徒の実態を把握し、授業計画をする上での基礎資料及び研究仮説を検証する資料とする。

(2) 対象及び実施日

① 対象：沖縄県立球陽高等学校 理数科 1 年 1、2 組 計 76 名（男子 35 名、女子 41 名）

② 実施日時：事前アンケート 平成 29 年 11 月下旬、事後アンケート 平成 30 年 1 月中旬

(3) 事前アンケートの結果と考察

事前アンケートで、既習内容の定着を確認した。「酸化と還元を説明せよ」の質問に対し、酸

素、水素、電子の授受（化学基礎レベル）で回答した生徒は57%であった（図1）。また、「酸化数を説明せよ」の質問で、正しく説明できた生徒は、17%であった（図2）。

以上のことから、約半数の生徒が「酸化還元反応」を電子の授受で理解しているが、授受した電子の数でとらえる「酸化数」は、理解できていないことが分かった。

次に、「身の周りで、酸化還元反応を利用したものがあるか」の質問に「無回答」が37%、「分からない」が18%、合計55%が身の周りの例を挙げられなかった（図3）。

「酸化と還元」を、教科書に示された内容で答えることはできる。しかし、「酸化数」のように、授受した電子数で考えるなどの化学の知識を活用することを、苦手としている。つまり、化学の知識の活用慣れていないため、化学の知識の定着があまりできていない。そのために、物質の燃焼や金属の酸化（例：カイロ）等、身の周りで利用されているものに気付きにくい等の化学的に探究する能力が育っていないことが分かった。

そこで、化学的に探究する能力を育てるためには、酸化還元反応の知識の活用方法を身に付けさせながら、知識の定着を目指す必要がある。そこで、知識の活用方法を身に付けさせるために、授業の様々な場面で実験を多く取り入れて、反応等を検証して問題を解決する探究活動を多く設定することで、化学的に探究する能力を育てることができ、習得した知識を日常生活でも活用できるようになると考える。

2 仮説検証の手立て

(1) 検証の観点

- ① 演示実験の問題解決（謎解き）について、目的意識をもって取り組めたか。
- ② 問題解決（謎解き）の探究活動を通して、酸化還元反応を理解することができたか。
- ③ 探究活動を繰り返したことで、化学的に探究する能力は育成されたか。

(2) 検証の場面・方法

- ① 事前・事後のアンケート調査
- ② 問題解決（謎解き）用のプリントの分析
- ③ 仮説設定用のプリントの分析
- ④ 「実験：酸化還元滴定」のプリントの分析
- ⑤ 行動分析

3 理論研究

(1) 観察、実験を中心に問題を解決していく取り組みについて

中村陽明(2017)は、「現場では、短期間で教科書の膨大な内容を習得させることが求められ、授業では講義中心で実験をすることが難しい現状があります。そこで、簡易な実験を通じて、

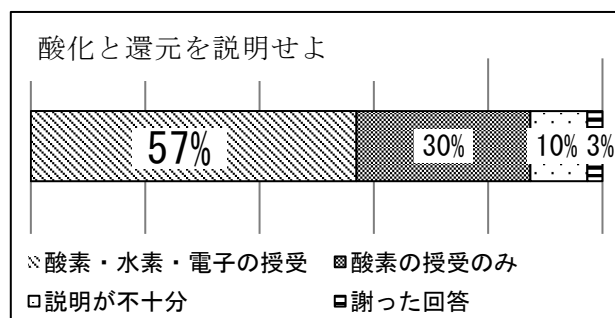


図1 事前アンケート結果①

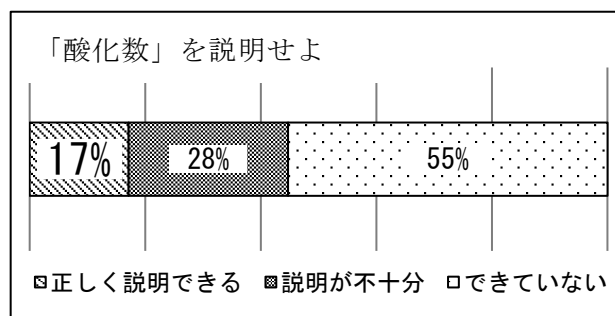


図2 事前アンケート結果②

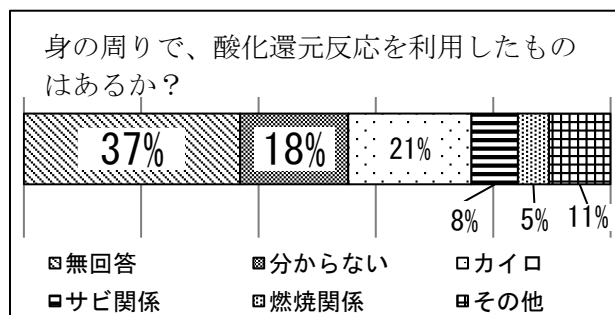


図3 事前アンケート結果③

必要なルールを見いだし、深めます（抜粋）」と述べている。本研究では、酸化還元反応についての必要なルールを見いだし、理解を深めるために、簡易な実験を用いた探究活動を展開する。

(2) 目的意識をもって、問題を解決していく取り組みについて

和井田節子、長野修は、「アクティブラーニングを位置づけた高校理科の授業プラン」の中で、「アクティブ・ラーニングをよりよくするために、授業の目的を教師だけでなく、生徒も分かっている、答えを出したくなる課題が提示される、答えを考えるための資料がある（抜粋）」ことが大事であるとある。本研究では、「授業目的」の提示方法や、「答えを出したくなる課題」の内容について考える。また、「答えを考えるための資料」については、教科書や簡易な実験からヒントを探し、個人やグループで知識をまとめることで問題が解決できる内容としていく。

(3) 問題を実験に取り入れて、法則を理解させる取り組みについて

名倉和弘（2017）は、「予想をたて、話し合い、実験を通して法則を見つけよう」と述べている。名倉は、「慣性の法則」を理解させるために、問題を実験に取り入れて、実験問題に対する結果を予想させ、話し合わせ、実験を通して法則を導き出させるという方法をとった。本研究では、酸化還元滴定の問題を実験に取り入れて、酸化還元反応で得た知識を活用させながら予想を立てさせ、実験を通して問題解決ができるように探究活動を展開する。

(4) 「観察、実験を中心とする探究活動を行うこと」とは

「解説理数編」の理数化学の中で、「探究活動を行う際、情報の収集、仮説の設定、実験の計画、実験による検証、実験データの分析・解釈、報告書の作成、発表等の体験を積み重ねていくことで、化学的に探究する能力や態度を育てていこうとするものである。」とある。本研究では、観察、実験を中心に探究活動を行うために、これらの体験を積み重ねながら展開する。

(5) 「化学の基本的な概念や原理・法則の系統的な理解を深め」とは

「解説理数編」の理数化学の中で、「化学の基本となる概念や原理・法則は単に記憶するだけではなく、それらを活用する能力を身に付けることが重要である。そのためには、幾つかの事象が同一の概念によって説明できることを見いだしたり、また、概念や原理・法則を新しい事象の解釈に応用したり、物質の変化の結果を予測したりする活動を行うことが重要である。」とある。本研究でも、観察、実験を中心に問題解決を繰り返しながら、酸化還元反応の知識を活用できる場面を、多く設定していきたい。

以上のことから、本研究では、探究活動を取り入れた授業を前半（知識の定着編）、後半（知識の活用編）に分けて行う（図4）。前半の「酸化剤と還元剤」では、①演示実験で問題（謎）を提示し、②個人やグループで、教科書の確認や簡易な実験から情報収集を行う。最後に、③問題解決（謎解き）で、酸化還元反応の知識を整理する。後半の「酸化還元滴定」では、④実験に取り入れる問題で仮説の設定し、⑤その実験を行い仮説を検証する。これらの探究活動を積み重ねて、化学的に探究する能力を育てたい。

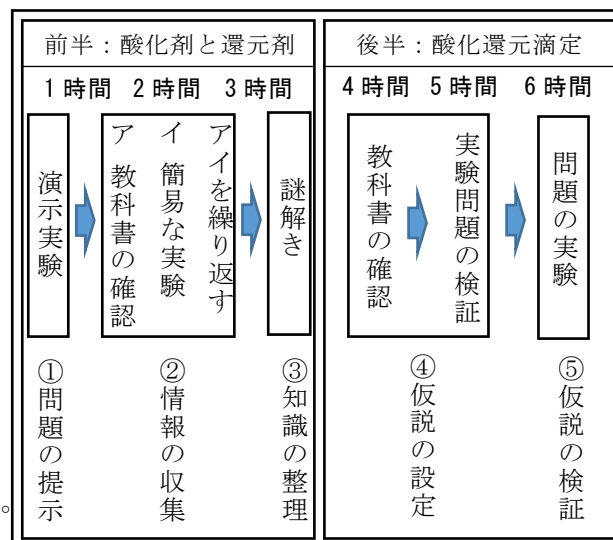


図4 探究活動を取り入れた授業

4 素材研究

(1) 答えを出したくなる問題として、「演示実験」の検討

授業導入時に、酸化還元反応の演示実験を手品のように提示する。そして、その実験で取り扱った酸化剤や還元剤を導き出すための問題解決を、「謎解き」という形で取り組ませる。また、学習内容の酸化還元反応を理解することで、問題解決（謎解き）ができるように工夫する。この演示実験の問題解決（謎解き）によって、目的意識をもって取り組めると考える。

① 演示実験 1：ヨウ素とビタミンCの酸化還元反応

問 コーラに見立てたうがい薬に、レモン水を混ぜると色が消える。この反応の酸化剤と還元剤を答えよ。

ア 目的

反応物の色の変化から反応した酸化剤や還元剤を導き出し、酸化と還元は同時に起こること（酸化還元反応）を理解させる。また、身近な酸化還元反応についても考えさせる。

イ 演示実験の問題解決に向けた意図

うがい薬の色の変化からヨウ素 I_2 （うがい薬の成分）が酸化剤であると気付くことで、反応相手であるビタミンC（レモン水）は還元剤であることを導き出すことができれば、化学的に思考できていると判断できる。また、ヨウ素が酸化剤として電子を受け取り、ビタミンCは還元剤として電子を失っていると推測できれば、さらに良い。

② 演示実験 2：過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ と過酸化水素 H_2O_2 の酸化還元反応

問 ワインに見立てた硫酸酸性の過マンガン酸カリウムを、少量の過酸化水素の入ったワイングラスAと入っていないワイングラスBに注ぐが変化なし。次に、ワイングラスBの溶液をワイングラスAに注いでも変化なし。最後に、ワイングラスAの溶液をワイングラスBに注ぐとワイングラスBの溶液だけが無色になる。この反応の酸化剤と還元剤を答えよ。

ア 目的

酸化剤にも還元剤にもなる物質についての理解や、酸化剤と還元剤の電子の授受で、酸化還元反応が起こっていることを理解させる。

イ 演示実験の問題解決に向けた意図

この実験は色の変化だけでなく、過酸化水素が濃度の違いで、酸化剤にも還元剤にもなることを理解していないと解けない。このように、教科書に無い知識も必要とするため、授業用プリントに補足説明を加えた。

また、後半で行う酸化還元滴定の実験（オキシドール中の H_2O_2 の定量分析）の予習になるように、同じ酸化還元反応で行う。

- (2) 答えを考えるための資料として、「問題解決（謎解き）用プリント」の作成（図5）

「謎解き」がしやすいように、①ヒントを提示し、②習得した知識の活用方法を教えるために、誘導的な穴埋めや選択肢を用意した。また、③演示実験の手順が把握できる図を用意した。

- (3) 目的意識をもって取り組める「授業用プリント」の作成（図6）。

①授業目的を把握させるため、「本時の目的」を表示し、目的が達成できたら□（チェック欄）にレ点を付けさせる。②「本時の授業の流れ」が分かるように、タイムテーブルを作成した。③タイムテーブルに合わせて「Time Line」を引き、与えた時間内で取り組ませる。

- (4) 簡易な実験への取り組み〔ラミネートシートを用いた実験（マイクロスケール実験）〕（図7）

① 目的



図5 問題解決（謎解き）用プリント

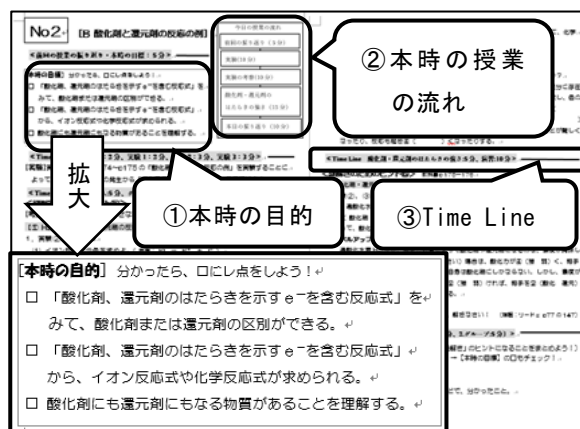


図6 授業用プリント

教科書の「酸化剤と還元剤の反応」や「ハロゲンの酸化力」を、簡易な実験で行うために、試験管等のガラス器具を用いずに、ラミネートシート上に少量液を垂らすことで反応を確認できる「マイクロスケールの実験」を用意した。

② 取り組み内容

ア 実験用ラミネートシートの作成
ラミネートシートの枠の中に、該当する試薬（酸化剤や還元剤等）を、滴下ボトルから1滴ずつ滴下し、「色の変化」や「気体の発生」が確認できるように作成した（図7）。

イ 実験用プリントの作成

教科書にしたがって実験を行うため、教科書のどこを実験しているのかが把握しやすいように、「実験用プリント」と「実験用ラミネートシート」の枠の配置を同じにし、実験結果を実験用プリントに正確に記入できるように工夫した。

(5) 問題を実験に取り入れて、酸化還元滴定を理解させる取り組みについて〔酸化還元滴定の実験〕

① 目的

酸化還元滴定の問題を実験に取り入れて、実験問題に対する実験手順や理論値（滴定値）を、教師からの「挑戦状」という形で問題を設定し、その問題を解決させるために仮説の設定をさせる。そして、実験で仮説の検証に取り組ませる。これらの探究活動によって、前時で行った仮説の設定を基に、実験手順や内容の理解に振り回されることなく、実験をしながら仮説を検証することができるため、化学的に探究する能力を育てることができる。と考える。

② 実験用プリントの作成

「実験の流れ」と「Time Line」を表示する。また、効率よく実験を進めるために、役割分担欄を設けて、名前を記入させる。考察では、仮説の検証で話し合った内容や発表内容から、気付いたことや分かったことの記入欄を設け、酸化還元反応についての知識を整理させる。

(6) 効率的な実験手順の説明への取り組み（ICT機器の活用）

実験で使用する安全ピペットやビュレット等の使い方や実験手順を説明するために、アニメーションを作成し、活用した（図8、9）。

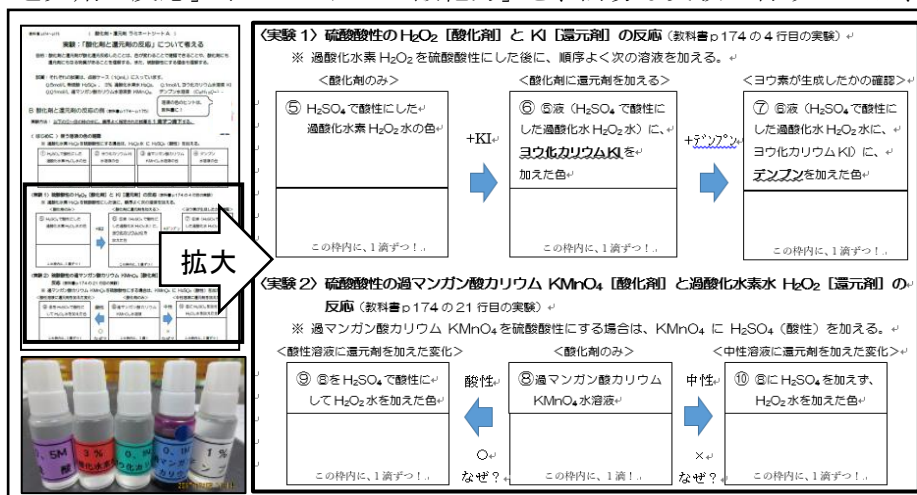


図7 実験用ラミネートシートと滴下ボトル（左下）

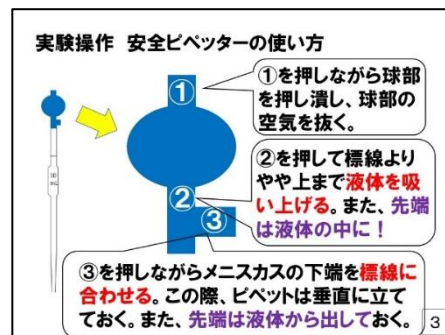


図8 安全ピペットの使い方

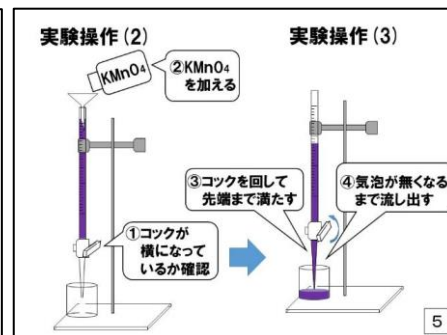


図9 実験手順の説明（アニメーション）

Ⅲ 指導の実際

1 単元名 「酸化と還元」

2 単元の目標

酸化と還元が電子の授受によることを理解すること。また、酸化還元反応と日常生活や社会と

のかかわりについて理解すること。

3 単元の評価規準

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
酸化と還元について関心をもち、意欲的に探究しようとする。	酸化還元反応が電子の授受によって説明できることや、それが日常生活や社会に深く関わっていることについて考察し、導き出した考えを表現している。	酸化還元反応について観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。	酸化と還元が電子の授受によること、酸化還元反応と日常生活や社会との関わりについて理解し、知識を身に付けている。

4 単元の指導計画と評価計画（検証授業：第4～8時間、研究授業：第9時間）

【関】関心・意欲・態度 【思】思考・判断・表現 【技】観察・実験の技能 【知】知識・理解

◎指導に活かすとともに総括に用いる評価 ○指導に活かす評価

時	学習内容	学習活動	学習のねらい	評価の観点				評価規準	評価方法
				関	思	技	知		
1	酸化・還元の定義	・酸化と還元の定義や、酸化還元反応を学ぶ。	・酸化と還元の定義について理解する。				○	【知】酸化と還元について理解している。	・行動観察
2	酸化・還元と酸化数	・酸化数について学ぶ。	・酸化数を求めることができる。				◎	【知】酸化数を求めている。	・行動観察 ・確認テスト
3	酸化数の変化	・酸化数の変化と酸化・還元との関係を学ぶ。	・酸化数の変化で酸化された物質と還元された物質を区別できる。				○	【知】酸化数の変化と酸化と還元との関係を理解している。	・行動観察
4	酸化剤・還元剤とそのはたらき	・酸化剤、還元剤について学ぶ。 ・酸化剤、還元剤の反応式の作り方や化学反応式への導き方を学ぶ。	・酸化剤と還元剤の違いを理解し、酸化剤と還元剤の反応式や、化学反応式への導き方を理解する。	○			◎	【関】演示実験の現象に興味を持っている。 【知】酸化剤と還元剤の関係を理解している。	・行動観察 ・プリント記述の分析
5	酸化剤と還元剤の反応の例	・実験の色の変化等で、酸化剤にも還元剤にもなる物質を学ぶ。	・酸化剤と還元剤の反応をもとに、酸化還元反応について理解する。			○		【技】実験から酸化剤や還元剤の反応を理解している。	・行動観察 ・プリント記述の分析
6	ハロゲンの酸化力	・実験でハロゲンの酸化力を学ぶ。	・ハロゲンの酸化力の違いを理解できる。		○			【思】酸化還元反応を説明することができる。	・行動観察 ・プリント記述の分析
7	酸化還元反応の量的関係	・酸化還元反応の量的関係の解き方を確認する。	・酸化還元反応の量的関係を理解する。				○	【知】酸化還元反応の量的関係を理解している。	・行動観察
9 (本時)	実験 酸化還元反応	・前時に予想していた滴定値と、本時の実験結果を比べて検証する。	・実験結果と理論値を比較し、検証する。 ・実験の基本操作を習得する。		○		◎	【思】実験結果を、化学的に考察している。 【技】実験操作を習得している。	・行動観察 ・実験用プリント
10	金属のイオン化傾向	・実験の結果を記録し、考察する。	・還元力の違いについて考察する。				◎	【知】金属のイオン化傾向を理解している。	・行動観察
11	イオン化傾向と金属の反応性	・金属に対する空気、水、酸との反応を学ぶ。	・イオン化傾向による金属反応の違いを理解する。		◎			【思】イオン化傾向を反応の違いで理解している。	・行動観察 ・確認テスト
12	酸化還元反応とエネルギー 電池のしくみ 実用電池	・酸化還元反応が、身の周りで利用されている事を学ぶ。	・酸化還元反応が、身の周りで便利な社会を作っていることを理解する。				○	【知】電池のしくみや種類についての知識を身に付けている。	・行動観察
13	金属の精錬 演習問題	・酸化還元反応が実際に利用されていることを学ぶ。	・金属の精錬について理解する。				○	【思】酸化還元反応と利用例を理解している。	・行動観察

5 本時の学習指導(第9時間／全13時間)

(1) 小単元名

実験：オキシドール中の H_2O_2 の定量分析（酸化還元滴定）

(2) 指導目標

前時で求めた理論値と本時の実験値をもとに、既習内容と関連付け、問題解決に取り組む。

(3) 本時の評価規準

【評価の観点】 評価規準	判断の基準			評価方法
	A 十分満足	B 概ね満足	C 手立て	
【思考・判断・表現】 仮説や実験結果、様々な意見をもとに、科学的に考察している。	・仮説と実験結果から、的確に問題解決している。 ・他の意見と、自分の考えを検証できる。	・仮説と酸化還元の内容から、問題解決ができる。	・酸化剤や還元剤のイオン反応式や色の変化等を理解する。 ・酸化還元滴定の量的関係を理解する。	グループ発表 仮説検証用プリント
【観察・実験の技能】 実験の基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。	・実験用プリントを用いて、実験している。 ・理論値と実験値を基に検証している。 ・新たな疑問が持てている。	・実験用プリントを利用して、実験できる。 ・理論値と実験値を検証できる。	・実験方法を実験用プリントで確認する。 ・グループで、話し合いをきちんと行う。 ・グループ内での役割を決める。	実験用プリント

(4) 準備する器具・薬品

試薬：① 市販のオキシドールを 50 倍に薄めた溶液

② 0.01mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液 KMnO_4 ③ 3mol/L 硫酸 H_2SO_4

器具：50mL ビュレット、ビュレット台、安全ピペッター、10mL ホールピペット、ゴム手袋

2mL 駒込ピペット、200mL コニカルビーカー(2 個)、100mL ビーカー、ろうと、安全めがね

(5) 本時の展開

過程	生徒の活動	教師の活動・支援	形態	準備・備考	評価規準
導入 (5)	1. 本時の目標や、授業の流れを確認する。 2. 求めた理論値（滴定値）や実験内容を確認する。 3. 4 名 1 組のグループに分かれ、実験の準備をする。	・本時の目標と授業の流れを説明する ・求めた理論値（滴定値）や実験内容を確認させる。 ・グループ作りや実験の準備、安全確認を指示する。	一斉	・実験用プリント ・実験器具や薬品	
	〈本時の目標〉 酸化還元反応の量的関係をもとに、過酸化水素水の濃度が、理論値と一致するかの検証に取り組む。				
展開 (40)	展開①：実験(20 分) 4. 「オキシドール中の過酸化水素の定量分析」の実験を行う。 5. 実験の後片付けをする。	・実験手順の確認や安全管理のために、机間指導する。 ・実験の後片付けを指示する。	グループ	・実験用プリント（個人用）	【関】実験の基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。 【思】予想滴定値や実験結果、様々な意見をもとに、化学的に考察している。
	展開②：結果のまとめ・考察 (10 分) 6. 実験結果や考察をまとめる。 7. 理論値と実験値を検証する。	・実験結果や考察をまとめるように指示する。 ・理論値と実験値の検証を指示する。	個人 グループ	・実験用プリント（個人用） ・プロジェクター ・投影装置 ・スマートフォン	
	展開③：発表(10 分) 8. 2～3 グループの代表は、考察内容を発表する。 9. 他のグループの発表も踏まえて、グループで再検証する。	・発表させて、発表時間や質疑応答の時間を管理する。 ・自分たちの理論値と実験値を検証させ、他のグループの発表から、改めて検証する。			
	10. 本時の目標を振り返り、プリントをまとめて提出する。	・本時の目標を振り返り、プリントをまとめて提出する。 ・次の授業の予告をする	個人 一斉	・実験用プリント（個人用）	
まとめ (5)					

IV 仮説の検証

1 演示実験の問題解決（謎解き）について、目的意識をもって取り組めたか。

(1) 事後アンケートより（図 10）

『謎解き』に向けて、意欲的に取り組めたか」の質問に、「意欲的に取り組めた」と「取り組むうちに興味を引いた」を合わせると76%であった。その理由は、「進んで発表でき、何より実験が楽しかった」や「演示実験と授業の関係がつながっていて理解できた」、「はじめは、よく分からなかったが、解き明かしていくのは楽しかった」等であった。

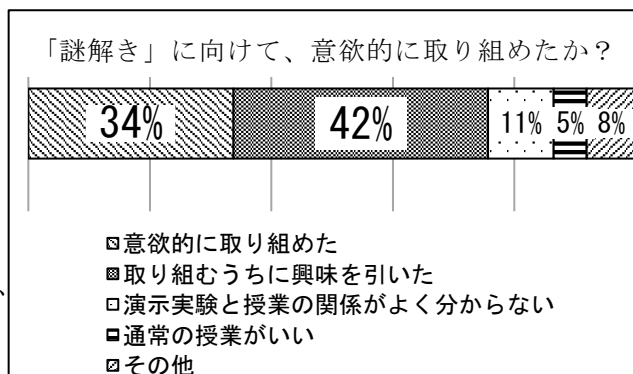
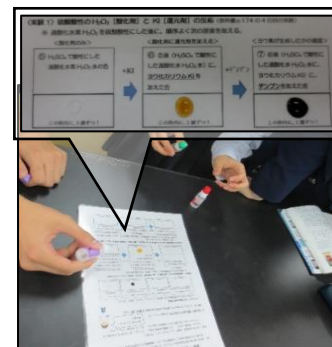


図 10 事後アンケート結果①

(2) 行動の観察より

演示実験を手品のように提示し、酸化還元反応を見せたところ、一瞬考えた後に疑問の声がいくつも上がった。また、「酸化剤と還元剤の反応」のラミネートシートを用いた簡易な実験（図 11）では、色の変化や気体の発生を教科書で調べたり、活発に意見を交換したりするなど、興味を持って取り組む姿が見られた。



以上のことから、演示実験の問題解決を「謎解き」という形で設定したことで、謎（問題）を解くために、教科書や簡易な実験で得た知識を活用しながら、意欲的に取り組んでいた。よって、謎を解き明かすために目的意識をもって、問題解決に取り組めたといえる。

図 11 ラミネートシート実験

2 問題解決（謎解き）の探究活動を通して、酸化還元反応を理解することができたか。

(1) 事後アンケートより（図 12）

「どの時点で、謎解きができたか」の質問には、「授業での個人学習」の時点で5%、「授業でのグループ学習」の時点で12%、合計17%が生徒同士で解決できていた。さらに、謎解きのヒントとなる「謎解きプリント」の個人学習の時点で20%、「謎解きプリントのグループ学習」の時点で41%となり、ここで78%まで解決することができた。最後の「発表者の説明」では18%が解決し、合計96%が謎解き（演示実験の問題解決）ができたと答えた。

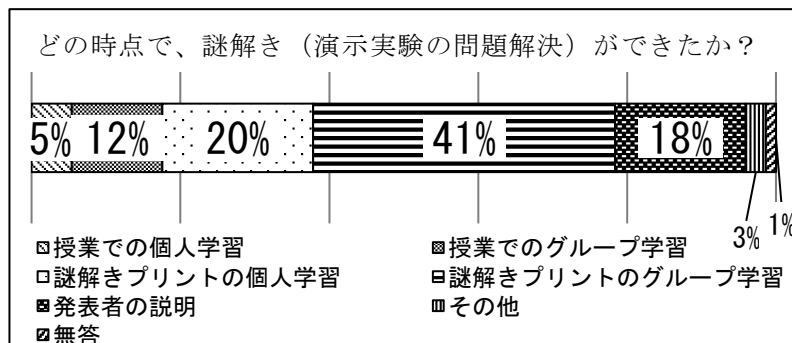


図 12 事後アンケート結果②

謎解きプリントの分析から、これらの生徒が酸化還元反応を電子の授受で理解していることが解釈できた。

(2) 「謎解きプリント」の記述内容より

「謎解き」後は、酸化剤や還元剤の反応を、反応物の色の変化などから、化学の知識を活用して導き出せる生徒が56%（図 13）いたことから、観察、実験を中心に問題を解決していく探究活動の成果が出てきたといえる（図 14、15）。

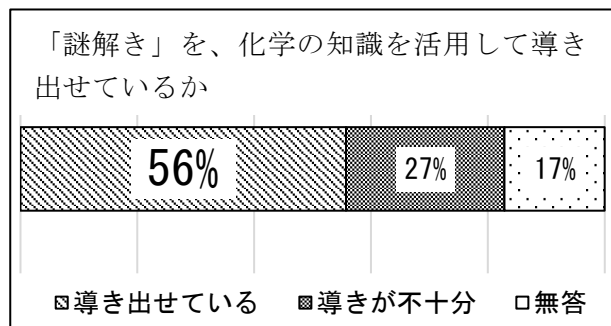


図 13 「謎解きプリント」の記述内容より

(3) 行動の観察より

謎解き（演示実験の問題解決）をするために、教科書や簡易な実験等から情報を収集し、個人で考えをまとめ、グループで話し合う等の探究活動を繰り返したことで、習う側よりも教える側の生徒が増えていった。また、「謎解き」の発表を、多くの生徒が希望するなど、積極的な姿勢がみられた（図16）。

つまり、演示実験の謎解きからはじまった探究活動の繰り返しや、その探究活動を円滑に進めるために組み入れた簡易な実験や謎解きプリント等によって、問題を解決することが自分にもできたという自信につながれたと考える。

以上のことから、「謎解き」と「学習内容」を関連付けて探究活動をさせたことで、「演示実験」や「ラミネートシート実験」での酸化還元反応を、同じ知識で説明できることを見いださせることができた。また、「謎解き」によって化学の知識を活用させる場を多くしたことで、基本的な内容を理解して、知識を活用することができた。

3 探究活動を繰り返したことで、化学的に探究する能力は育成されたか。

(1) 事後アンケートより

『謎解き』で得た知識を、酸化還元滴定の実験で活用できたか」の質問に、「きちんと活用できた」と「活用できた」の回答が合計で82%（図17）であった。次に、「理論値と実験値の違いに、疑問を持ち考えたか」の質問では、「深く考えた」と「考えた」という回答が、合計で79%であった（図18）。

(2) 仮説検証用プリントの記述内容より

実験「酸化還元滴定」前に、①実験手順の検証や②滴下量の仮説の設定を「挑戦状」という形で問題に取り組ませたが、68%の生徒が仮説を設定できていた（図19）。

(3) 行動観察

酸化還元滴定の実験において、実験前に、実験内容の問題を解いて理論値を求め、実験手順を検証したことで、実験手順や内容に戸惑うことなく、見通しをたてて実験できた。

(4) 酸化還元滴定実験用プリントの記述内容より

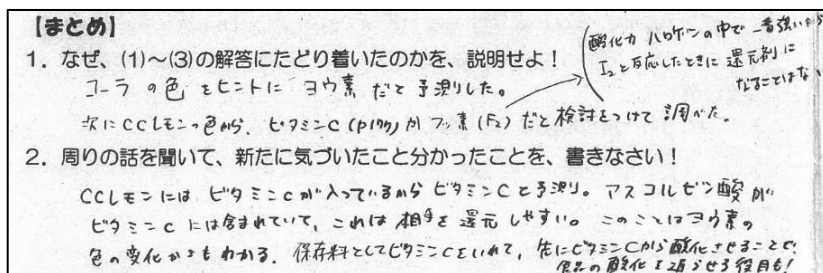


図14 謎解きプリント（ヨウ素とビタミンC）の解答例

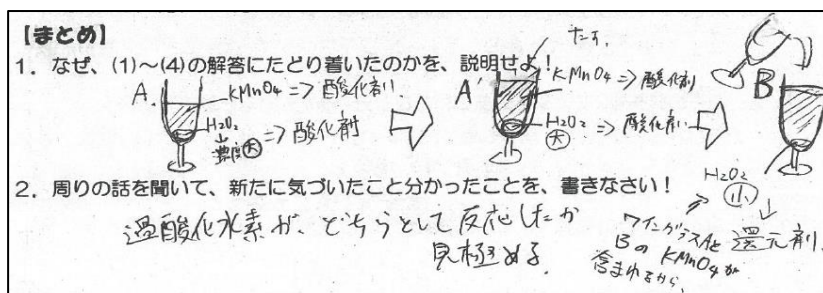


図15 謎解きプリント（KMnO₄とH₂O₂）の解答例



図16 発表の様子

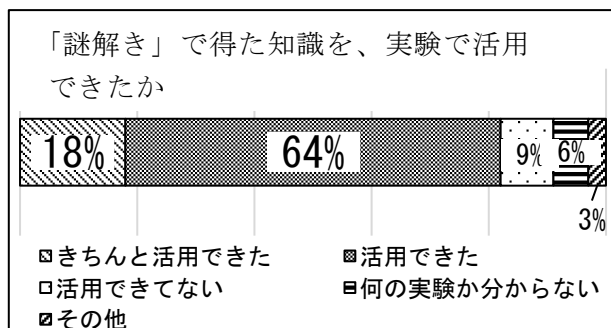


図17 事後アンケート結果③

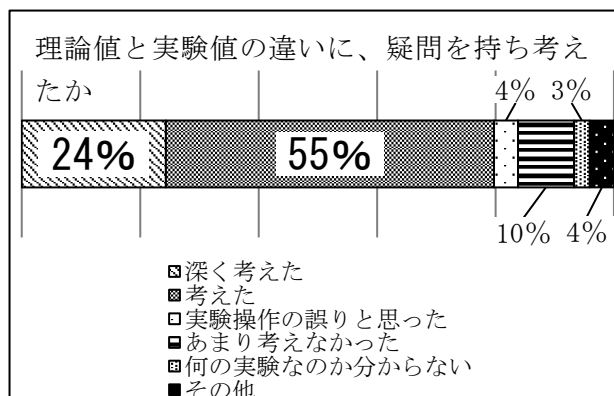


図18 事後アンケート結果④

すべてのグループが仮説と実験の滴定量が一致していなかったが、市販のオキシドールの濃度の範囲内では滴定できた。計算通りに滴定できなかった原因は、実験で用いるオキシドールを、教師が2週間前に準備したため、濃度が変化していたと思われる。しかし、原因を知らない生徒達は、仮説と一致しなかった理由を、「過マンガン酸カリウム水溶液の色により、ビュレットの目盛りを小数点第2位まで読み取ることが出来なかった」(図20)等の実験で上手くいかない可能性の高い部分を指摘したり、「準備されていたオキシドールの濃度が、はじめから誤っていたのでは」(図21)等の化学の知識を活用した意見で判断したりすることができた。また、「硫酸の濃度で、反応の速さが変わるのか」(図22)等の新たな問いも生じていた。

以上のことから、実験前に、実験手順の検証や、既習内容を活用して仮説の設定をしたことで、実験手順や内容の理解に戸惑うことなく、見通しをたてて実験を進め、検証に時間をかけることができた。また、探究活動の取り組みにより、化学の知識を活用して考えることができるようになった。さらに、今までなかった化学的な新たな疑問を生じる等の変容も見られた。したがって、観察、実験を中心に問題を解決する探究活動を通して、化学的に探究する能力を育てることができたといえる。

また、「新しい問い」が出てきたことで、本研究が理数科の「SSH探究Ⅰ」における研究テーマを決める際の手助けになると確信する。

V 成果と課題

1 成果

- (1) 演習実験の問題解決を「謎解き」という形で設定した探究活動によって、化学の知識を活用させる場を多くしたことで、化学の知識を定着させることができた。
- (2) 実験内容を問題に設定した探究活動によって、実験手順に戸惑うことなく、見通しを立てながら化学の知識を活用させて、実験に取り組ませることができた。
- (3) 酸化還元反応の知識を、探究活動をステップアップさせながら活用させたことで、化学の知識を的確に理解して活用することができ、化学的に探究する能力を育てることができた。

2 課題

- (1) 探究活動の内容が豊富であったため、じっくりと個別で考え、グループで話し合うことができない場面があった。探究活動をしやすいように、内容を精選し、時間配分の工夫に努める。
- (2) 新たな問いが出てきた生徒に対し、1年間を通して問をまとめさせ、1年の3月にある「SSH探究Ⅰ」における研究テーマ決めへとつなげられるように努める。

①実験手順

②滴定量の仮説

図19 酸化還元滴定の仮説検証の様子

ビュレットに色が付いていたため、小数点第2位まで正確に読みとれなかった。

図20 酸化還元滴定の実験用プリントより①

もとのオキシドールの濃度が違う！(これはない)

図21 酸化還元滴定の実験用プリントより②

「今でも分からないこと」や「疑問に思うこと」
硫酸の濃度によって、反応は速くなるのだろうか。

図22 酸化還元滴定の実験用プリントより③

〈参考文献〉

- 和井田節子／長野修編著 2017 『アクティブラーニングを位置づけた高校理科の授業プラン』 明治図書
小林昭文監修 2016 『図解 アクティブラーニングがよく分かる本』 講談社
文部科学省 2009 『高等学校学習指導要領』
文部科学省 2009 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編（平成 21 年 12 月）』 実教出版株式会社
佐巻健男編著 1996 『たのしくわかる化学実験事典』 東京書籍

〈参考URL〉

- 文部科学省 『理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめについて（報告）』 最終閲覧 2018 年 2 月
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/1376994.htm
佐藤大 2016 『ラミネートシートを用いたマイクロスケール実験教材の開発』 北海道立教育研究所附属理科教育センター 研究紀要第 28 号 最終閲覧 2018 年 2 月
http://www.ricen.hokkaidoc.ed.jp/index.php?action=cabinet_action_main_download&block_id=3458&room_id=1&cabinet_id=88&file_id=2753&upload_id=5319