

群 教 七	G04 - 04
	平 29. 265 集
	理科-高

高校化学の量的関係を 思考・判断・表現するための授業の工夫

— 自作問題を活用した主体的・対話的な授業展開を通して —

特別研修員 召田 雄一

I 研究テーマ設定の理由

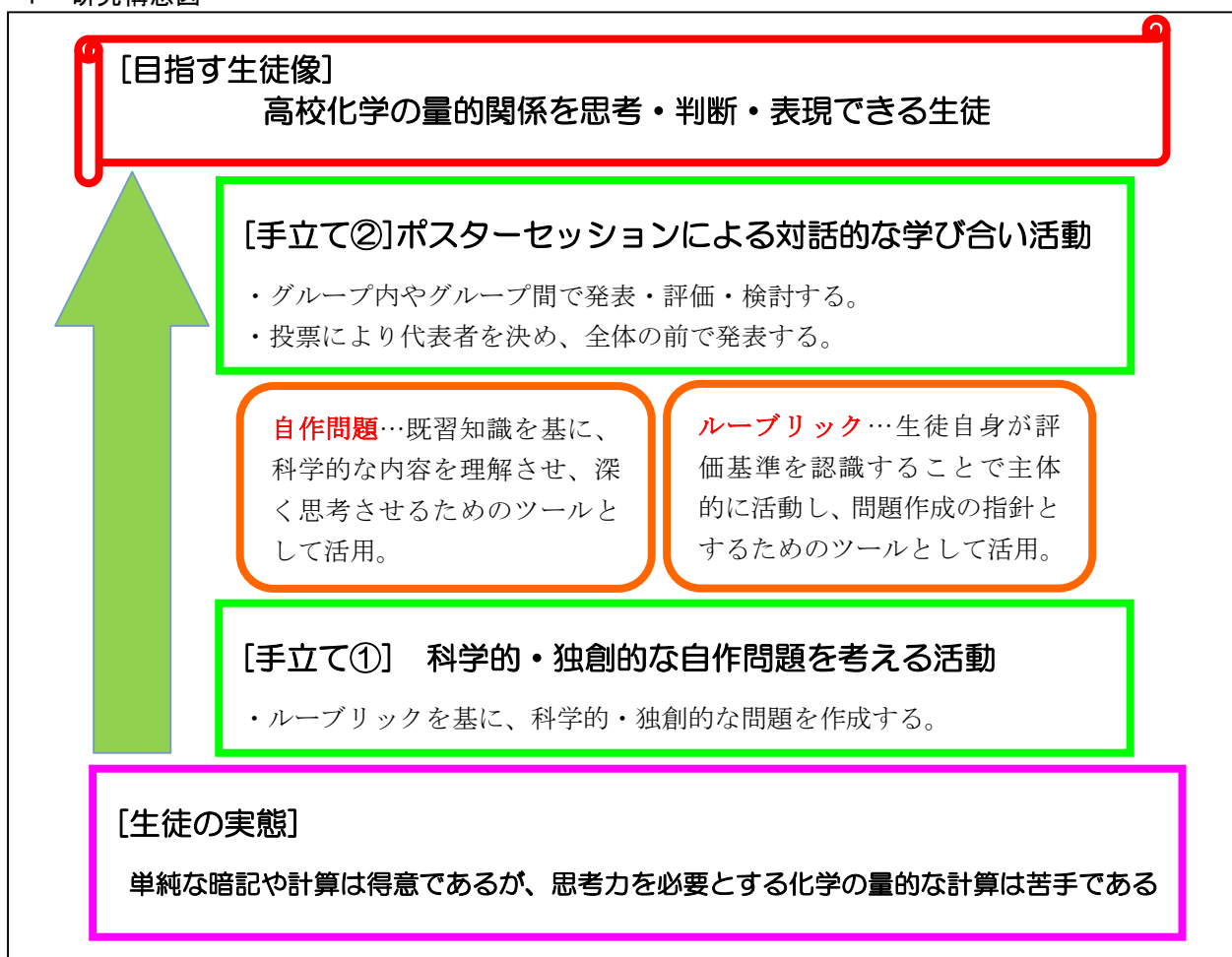
近年、我が国を取り巻く社会は加速度的に変化しており、今後、その流れは益々進展し、グローバル化・情報化社会へと変容する。さらに、人工知能（A I）が進化し、将来の予測が難しい時代がやってくる。その様な未来を生き抜くために、これからの教育界は、生きて働く「知能・技術」の習得、未知の状況にも対応できる「思考力・判断力・表現力等」の育成、学びを人生や社会に生かそうとする「学びに向かう力・人間性等の涵養」が求められている。

生徒（2年生文系）の多くは、単純な暗記や計算は得意であるが、思考力を必要とする化学の量的な計算において、深く思考し、量的関係を的確に判断・表現することは苦手である。

そこで、思考力を必要とする計算を生徒個々に作問させ、その問題を活用した主体的・対話的な生徒間の活動を重視した授業展開を設定する。このことにより、生徒が苦手とする化学の量的関係についての興味・関心を引き出し、さらに思考・判断・表現する力の育成へとつなげられると考え、本研究のテーマ設定とした。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

「高校化学の量的関係を思考・判断・表現するための授業の工夫」として、次の二つの連続した活動で構成する。

手立て1 科学的・独創的な自作問題を考える活動

手立て2 ポスターセッションによる対話的な学び合い活動

手立て1は、高校化学の量的関係に関する科学的・独創的な自作問題をルーブリックに基づいて考える活動である。自作問題を完成させるためには、「既習知識を基に科学的な内容を理解し、その知識をさらに深く思考させる力」、「正しく作問できているかを判断し、表現する力」が求められる。このため、量的関係に関する自作問題を考える活動が思考・判断・表現する力の育成につながるものと期待できる。ルーブリックに従って、中和反応の量的関係の問題を作問させることにより、教師が提示する従来の受け身の思考ではなく、主体的な思考により生徒の興味・関心を喚起し、より深い思考へとつながられる。

手立て2は、ポスターセッションによる対話的な学び合い活動である。まず自作問題をグループ内やグループ間で発表・評価・検討する。次に投票により代表者を決め、全体の前で発表させる。対話的な学び合いを通して、作問で深めた思考を他者からの刺激により、様々な角度から再考させることで学びが深まることが期待できる。さらに、他者の問題を生徒間で科学的に正しく作問できたか、適切な表現の問題となっているかを考えることで、量的関係を思考・判断・表現する力の育成へとつながるものと期待できる。

このように、二つの連続した活動に取り組むことを通して、化学現象に興味を持つ中で、生徒に高校化学の量的関係を思考・判断・表現する力を身に付けさせることにつながる。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- 手立て1「科学的・独創的な自作問題を考える活動」では、自作問題の独創性や問題解決に至るプロセスの回数の基準などを示したルーブリックを提示することで、生徒が作問する際の指針となり、主体的に活動する様子が見られた。授業後に行った各項目における自己評価でも高い結果を得た。さらに問題作成においては、物質量の単位変換、pHや身近な中和反応を問題に盛り込み、多くの生徒が深く思考することができた。したがって、自作問題は、個々の学習レベルに応じて深く思考でき、思考・判断・表現する力の育成に有効であった。
- 手立て2「ポスターセッションによる対話的な学び合い活動」においては、多くのグループで教師主導ではなく、生徒同士による対話的な学び合いにより活発な問題検討がなされた。他者の問題を考えることや他者からの刺激により、思考をさらに深めるのに有効であった。

2 課題

- 手立て1「科学的・独創的な自作問題を考える活動」において、深く思考させることには有効であったが、想定外に生徒が独創性やプロセスの回数に拘り過ぎた結果、自作時間が長くなってしまった。その他、机間支援により生徒へ助言をしたものの、例題をただ真似た問題になってしまう生徒もいた。これらを改善するために、例題の提示とルーブリックの関係を整理すること、普段の授業において量的関係の基礎・基本を定着させておくこと、さらに家庭学習との併用などの検討が必要と考える。
- 手立て2「ポスターセッションによる対話的な学び合い活動」において、問題の妥当性を評価するための視点を伝えることが不十分であったため、生徒間で正しく作問できたかを検証させることには改善の余地がある。今後、作成した問題に対する生徒同士の評価の在り方について検討していきたい。

実践例

1 単元名 「中和反応」 (第2学年・2学期)

2 本単元について

本単元は酸と塩基の定義を基に、酸から生じる水素イオンと塩基から生じる水酸化物イオンを定量的に取り扱い、中和反応の量的関係について観察・実験などを通して探究し、中和反応に関する基本的な概念や法則を理解するとともに、それらを日常生活や社会と関連付けて考察できるようにすることがねらいである。中和反応の量的関係では、物質量の概念を復習し、中和反応が起きる際に酸と塩基の物質量の間に一定の関係性が成立することを理解させ、化学反応式から物質の変化と量的関係を深く思考させたい。これらを本単元の諸法則や概念と結びつけて考察させることは、日常生活における利便性や実用性を認識させるとともに、科学的な知的好奇心や探究心の育成につながるものと思われる。

以上の考えから、本単元では以下のような指導計画を構想し、実践した。

目標	○ 酸・塩基の概念、反応に関係する物質の特性、反応物と生成物との量的関係を理解させる。 ○ pHの概念、中和の量的関係について、深く考察することができる。	
評価 規 準	関心・意欲・態度	○ 酸・塩基や中和反応に関心を持ち、それらを日常生活と関連付けて、意欲的に探究しようとする。 ○ 身近な物質のpHを測定する中で、身近な現象と酸・塩基反応を関連付けて意欲的に探究しようとする。
	思考・判断・表現	○ 酸・塩基の定義を理解し、日常生活と関連付けて酸・塩基反応を考察する。 ○ 酸・塩基の強弱とpHとの関係性を理解し、科学的に考察する。 ○ 中和反応を正確に捉え、中和滴定のデータ処理および塩の性質について科学的に考察し、実験の過程や結果を的確に表現する。
	技能	○ 中和滴定の実験器具の扱い方、実験の技能を的確に習得する。 ○ 身近な物質のpHの測定方法を習得し、観察や実験の技能を習得する。
	知識・理解	○ 酸・塩基の定義を理解し、日常生活と関連付けて知識を身に付けている。 ○ pHの指標としての便利さや実用性を理解している。 ○ 中和反応の定義を理解し、中和滴定の量的関係と関連付けて、知識を身に付けている。
過程	時間	主な学習活動
課題把握	第1時	○ 酸と塩基、価数、電離度と強弱との関連性の概念理解、日常生活との関連性
課題追究	第2時	○ 水素イオンとpHの関連性の理解およびpH計算の習得
	第3 ～4時	○ 中和滴定についての生徒実験、グループ内やグループ間での学び合い、考察、データ処理
	第5時	○ 自作問題、グループ内やグループ間での学び合い、思考の再構築
まとめ	第6時	○ 塩の種類、塩の水溶液の性質の理解、中和反応のまとめ

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は全6時間計画の第5時に当たる。中和の現象を粒子間の化学反応(水素イオンと水酸化物イオン)で捉えた上で、それを定量的に扱う内容である。この中和反応においては日常生活との関連性も深く、例えば消臭剤、胃薬、セッケン製造、酸性温泉水の中和などに利用されており、比較的身近な化学反応の一つといえる。しかしながら、科学的に中和反応を捉えるためには、化学変化を量的に捉える際に用いた物質量の概念も重要となる。物質量の概念と中和の概念の両者を深く理解していることが必要不可欠となり、より高度な思考力・判断力・表現力が求められる単元である。生徒の多くは、単純な暗記や計算は得意であるが、科学的な思考力を必要とする計算問題においては、的確に思考・判断・表現することは苦手である。そこで中和反応において、思考力を必要とする計算問題を生徒個々に作問させる。そして、その問題を活用した主体的・対話的な生徒間の活動を重視した授業展開を設定する。このことにより、生徒が苦手とする中和の量的関係において、生徒の興味・関心を引き出し、さらに思考・判断・表現する力の育成へとつなげられると考えた。

手立て1 科学的・独創的な自作問題を考える活動

まず、中和反応の概念を復習し、ルーブリックおよび例題を示すことにより、問題作成の見通しを持たせる。次に、応用、標準、基本、その他のカテゴリーを設定し、自己のレベルに応じた自作問題を考えることにより、思考・判断・表現する力を身に付けさせる。

手立て2 ポスターセッションによる対話的な学び合い活動

自作問題をグループ内やグループ間で発表・評価・検討し合うことで、対話的な学び合いにより深く思考させる。さらに他者の問題を考えることや、他者からの刺激により、問題の正当性を的確に判断し、表現する力を身に付けさせる。

4 授業の実際

本時は「中和反応の量的関係の自作問題を主体的に考える活動および対話的な学び合い活動によって思考・判断・表現する力を身に付ける」ことを目標とした。

課題 中和反応の自作問題を活用し、学び合いを通して思考・判断・表現する力を身に付ける。

(1) 手立て1 科学的・独創的な自作問題を考える活動

始めに、動画を用いて中和反応の概念を復習し、ルーブリックを配付して本時の評価基準を認識させた。そしてICTを活用し、作成例を提示しながら本時の目標を確認させた。その後、中和反応の自作問題をワークシートに作成させ、ホワイトボードを4分割して個々の自作問題を記入させた。

【ルーブリック資料(部分)】

【本時の学習課題】

中和反応の自作問題を活用し、学び合いを通して中和反応の量的関係を思考・判断・表現する力を身に付ける。

	項目	Sレベル 十分に満足できる	Aレベル 概ね満足できる	Bレベル あと少しで満足できる	Cレベル 努力を要する
① 理解度	中和反応の量的関係の知識と理解	中和反応の概念を発展的に捉え、逆滴定の原理を理解し、量的関係を的確に理解できている。	中和の関係式の概念だけではなく、モルの計算も踏まえて、粒子間の化学反応を捉えている。	中和の関係式の概念を捉え、酸・塩基の価数、モル濃度と溶液の体積の関係性を理解できている。	中和反応の量的関係が公式のみの理解で、粒子間での化学反応を理解できない。
② 問題作成	問題作成について	既習内容を踏まえて、量的関係の科学的な根拠を考えながら、問題を作成している。	中和の量的関係を粒子レベルで考えて、問題を作成している。	誤りがみられるが、自分の考えに沿って問題を作成している。	教科書等の問題を真似したのみの問題作成になっている。
	問題の内容が解答に至るまでに要するプロセスの回数	4回以上	3回	2回	1回
	独創的な視点での問題作成	中和反応を日常生活等と関連付け、他者が興味・関心を抱く科学的な問題となっている。	中和反応に関する問題で、他者が興味・関心を抱く問題となっている。	他者が興味・関心を抱く問題ではあるが、科学的な視点で作成されていない。	教科書や問題集にあるようなパターン化された問題となっている。
③ 対話的	対話的な活動	自分の意見も発言し、他者の考えを建設的にまとめ、つまずく友人を支援する態度で取り組んだ。	自分の意見を発言すると共に、他者の意見を素直に聞き入れる態度で取り組んだ。	意見を主張しすぎる。あるいは他者の意見を聞かず、自己中心的な態度で取り組んだ。	班での話し合い活動に消極的であった。



【自作問題を考える生徒の様子】

【自作問題 作成例】

<p>【評価基準】 *別紙参照</p> <p>① 中和反応の量的関係の知識と理解 ② 問題作成について ③ プロセスの回数</p> <p>④ 独創的な視点での問題作成 ⑤ 対話的な活動</p>
<p>【基本】 プロセス2</p> <p>① 0.10 mol/Lの塩酸100 mLを過不足なく中和するために、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液は何mL必要か。 1</p> <p>② 0.10 mol/Lの塩化水素と過不足なく中和する水酸化ナトリウムは何gか。 2</p>
<p>【標準】 プロセス3</p> <p>0.10 mol/Lの塩酸100 mLを過不足なく中和するために、水酸化カルシウムは何g必要か。 1</p> <p>2</p> <p>3</p>

【プレゼン資料1】

【自作問題 作成例】


<p>【応用】 プロセス4</p> <p>0.10 mol/Lの硫酸100 mLに、ある量のアンモニアを吸収させた。未反応の硫酸を 1 2</p> <p>0.20 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ20 mL要した。吸収されたアンモニアの体積は標準状態で何Lか。(教科書p153例題11) 3 4</p>
<p>【その他】 プロセス3、独創性</p> <p>草津温泉のお湯(pH=2)をそのまま河川に放流すると、環境に影響を与える。そこで、そこで塩基性を示す石灰石(主成分:炭酸カルシウム)を川に投入して中和反応を起こし、強い酸性を緩和している。仮に1.0 Lの温泉水(pH=2)を完全に中和するためには、炭酸カルシウムは何g必要か。 1 2</p> <p>3</p>

【プレゼン資料2】

図1 手立て1の様子

(2) 手立て2 ポスターセッションによる対話的な学び合い活動

グループ（4人1組）でホワイトボードに記入した自作問題を、配付したルーブリックに従って生徒間で発表・評価・検討し合った。その後、他のグループのホワイトボードを自由に見て回り、問題を評価し合う中で、評価の高い問題に投票させた。その際、自作問題を記載したホワイトボードを用いてポスターセッションの形式をとることで、生徒間の活発な意見交換を促した。最後に得票数の多い作問者が全体の前で発表・解説を行った。本時の振り返り（ルーブリックによる自己評価）は家庭学習とし、次時にワークシートを提出させ、その後教師が評価した。



【対話的な学び合い活動】



【代表者による発表】

(例：発表者 M 君の自作問題)

①酸性雨(硝酸のみを含む)に悩まされている畑では、雨水を中和するために大量の水酸化バリウムを使用している。1.0×10⁴Lの雨水を855 g の Ba(OH)₂ で完全に反応させた。②残った Ba(OH)₂ を 0.20 mol/L の塩酸で滴定したところ、40 mL を要した。雨水中の硝酸のモル濃度とその pH を求めよ。

* 下線部①…独創的な視点で問題を作成している。
 * 下線部②…中和反応の量的関係を発展的に理解できている（逆滴定を理解）。
 * 赤字…プロセスの回数が4回以上である。

図2 手立て2の様子

5 考察

手立て1「科学的・独創的な自作問題を考える活動」では、自作問題の独創性や問題解決に至るプロセスの回数の基準などを示したルーブリックを提示することで、生徒が作問する際の指針となり、主体的に活動する様子が見られた(図1)。既習内容を活用し、物質量の単位変換、pHや身近な中和反応を問題に盛り込む生徒も多数おり、深く思考する姿が見られた。しかし予想以上に作問に熱中した結果、自作時間が長くなり、対話的な学び合いの時間を十分に確保できなかった。また机間支援で進みが弱い生徒へ助言をしたものの、例題をただ真似た問題になってしまう生徒もいた。これらを改善するために、例題の提示とルーブリックの関係を整理すること、普段の授業において量的関係の基礎・基本を定着させておくこと、さらに家庭学習との併用などの検討が必要と考える。

手立て2「ポスターセッションによる対話的な学び合い活動」においては、多くのグループで教師主導ではなく、生徒同士による対話的な学び合い活動により活発な問題検討がなされた。他者の問題を考えることや他者からの刺激を得られることで、思考をさらに深めさせるのに有効であった。しかしながら、問題の妥当性を評価するための視点を伝えることが不十分であったため、生徒間で正しく作問できたかを検証させることには改善の余地がある。今後、作成した問題に対する生徒同士の評価の在り方について検討していきたい。

次に、図3に示した生徒の自己評価および生徒の感想を検証する。結果は、各項目において80%以上の生徒が「S：十分に満足」または「A：概ね満足」と回答した。また「C：努力を要する」と回答した生徒はいなかった。さらに生徒の感想を考察すると、前向きな感想を持った生徒が多数見受けられた。

以上のことから、手立て1および手立て2は、高校化学の量的関係を思考・判断・表現させる手立てとして有効であったと推測される。しかし、数名の生徒は「B：あと少しで満足」と回答しており、どこでつまづくのか、どのようなつまづきがあるのかを把握する必要がある。この要因の分析を進め、継続的な支援を行っていくことが肝要である。

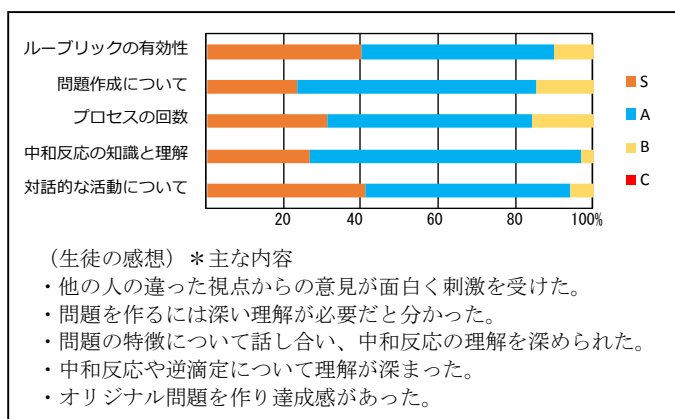


図3 生徒の自己評価結果及び感想