

3 授業実践

実践事例 10 化学基礎

指導計画

○単元名

「3章 物質の変化 1節 物質と化学反応式」(化学基礎 実教出版)

○単元の目標

物質と質量や気体の体積との関係、化学反応式における物質の変化とその量的関係について、観察・実験などを通して基本的な概念や原理・法則を理解させ、科学的な見方や考え方を養う。

○単元について

本教材は、学習指導要領の内容「化学基礎 (3)物質の変化 ア 物質と化学反応式」に基づくものである。

身の回りにある物質は、質量が極めて小さい原子や分子などが多数集まったものである。本単元では、原子、分子の質量をより簡単に表す方法として原子量、分子量、式量について学ぶ。原子、分子などの個数をひとまとめにして扱う物質と、質量や気体の体積との関係について理解する。また、化学反応式の係数の比が化学反応における物質の比を表すことを学ぶ。反応に関与する物質の質量や体積の間に成り立つ関係を物質と関連付け、物質の変化量を化学反応式から求めることができるようになることをねらいとしている。

○単元における工夫(思考力・判断力・表現力の育成を目指して)

- ・単元が始まる前に対話的活動の必要性について話をする。
- ・対話的活動では、まず個人で考えた後にペアやグループ活動において生徒同士で考えを比較・関連付けたり、実験などで得られた情報を整理したりすることで、自分の考えを再考したり再構築したりし、確かなものにする場面を設定する。
- ・基本的には既存のペアやグループで活動を行い、他のグループの考えも参考にしたい場合は移動して聞いてもよいなど生徒の動きに制限を設けない。
- ・学習用PCのデジタルワークシートを利用し、グループで出た意見を発表させ、クラス全体で共有できるようにする。

○本時の目標


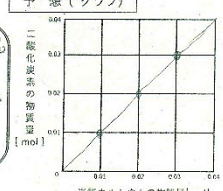
- ・化学反応における反応物の物質と生成物の物質の関係について、対話的活動を通して生徒同士が考えを比較しながら仮説を立て、表やグラフに整理した実験結果を基に考察して表現することができる。 【思考・判断・表現】

○本時における工夫(思考力・判断力・表現力の育成を目指して)

- ・自分の考えに根拠を持たせるために、化学反応式を書かせ、反応式の係数比と物質比の関係を意識して仮説を立てさせる。
- ・実験の仮説を立てる場面と考察する場面で、対話的活動を通して生徒同士で考えを比較し、根拠を基に考え表現させるようにする。

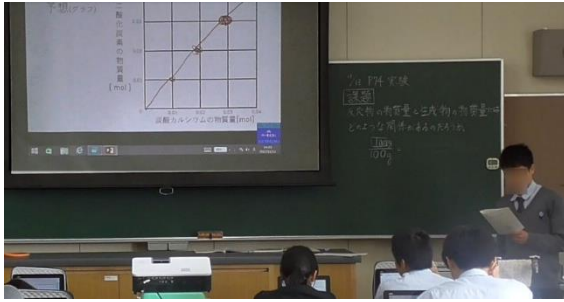
授業の様子 10/10 時間目

対話的活動 評価 (A…十分達成 B…おおむね達成 ★…達成不十分な生徒への支援)

過程	学習活動 生徒同士のやりとり、発表内容	教師の働き掛け (○)、評価規準 (◆)																											
導入	1 本時の課題を確認する。 反応物の物質量と生成物の物質量にはどのような関係があるのだろうか。																												
展開	2 実験の説明を聞く。 3 炭酸カルシウムと塩酸の反応の化学反応式を書く。 4 一定量の塩酸と反応する炭酸カルシウムの物質量 (反応物) と発生する二酸化炭素の物質量との関係について仮説を立てる。	○塩酸の取扱いに注意するよう指示した。 ○反応する炭酸カルシウム (反応物) と発生する二酸化炭素 (生成物) の物質量を求めさせ、仮説を考えるヒントとした。																											
	(1) 個人で考えた後、グループで考えを比較する。  <p>生徒が仮説について話し合っている様子</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>生徒A：炭酸カルシウムから二酸化炭素が何個生成する？</p> <p>生徒B：炭酸カルシウムと二酸化炭素の比率は1：1なので、炭酸カルシウムと同じだけ二酸化炭素は発生すると予想する。だから、二酸化炭素の物質量が炭酸カルシウムの物質量に比例するよ。</p> </div>	○各グループで話し合う際、生徒同士の考えを比較し、根拠を基に説明するよう促した。 ○各グループの発表者を決めて話し合いをさせた。 <table border="1" data-bbox="861 963 1428 1198"> <thead> <tr> <th rowspan="2">加えた CaCO₃ (g)</th> <th rowspan="2">加えた CaCO₃(試量 100) の物質量 (mol)</th> <th rowspan="2">加えた HCl の物質量 (mol)</th> <th colspan="2">発生した CO₂(分子量 44) の物質量 (mol)</th> </tr> <tr> <th>予想</th> <th>実験結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.00</td> <td>0.01 mol</td> <td>0.04</td> <td>0.01</td> <td>0.009</td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td>0.02 mol</td> <td>0.04</td> <td>0.02</td> <td>0.013</td> </tr> <tr> <td>3.00</td> <td>0.03 mol</td> <td>0.04</td> <td>0.03</td> <td>0.013</td> </tr> <tr> <td>4.00</td> <td>0.04 mol</td> <td>0.04</td> <td>0.04</td> <td>0.012</td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;"> <p>仮説</p> $2\text{HCl} + 1\text{CaCO}_3 \rightarrow 1\text{CO}_2 + 1\text{H}_2\text{O} + 1\text{CaCl}_2$ <p>2 : 1 → 1 : 1 : 1 : 1</p> <p>炭酸カルシウムと二酸化炭素は1:1で発生する。二酸化炭素は加えた炭酸カルシウムと同じ量になる。</p> <p>予想 (グラフ)</p>  </div> <p>生徒が記入したワークシート</p>	加えた CaCO ₃ (g)	加えた CaCO ₃ (試量 100) の物質量 (mol)	加えた HCl の物質量 (mol)	発生した CO ₂ (分子量 44) の物質量 (mol)		予想	実験結果	1.00	0.01 mol	0.04	0.01	0.009	2.00	0.02 mol	0.04	0.02	0.013	3.00	0.03 mol	0.04	0.03	0.013	4.00	0.04 mol	0.04	0.04	0.012
加えた CaCO ₃ (g)	加えた CaCO ₃ (試量 100) の物質量 (mol)	加えた HCl の物質量 (mol)				発生した CO ₂ (分子量 44) の物質量 (mol)																							
			予想	実験結果																									
1.00	0.01 mol	0.04	0.01	0.009																									
2.00	0.02 mol	0.04	0.02	0.013																									
3.00	0.03 mol	0.04	0.03	0.013																									
4.00	0.04 mol	0.04	0.04	0.012																									

展
開

(2) グループで立てた仮説を発表する。



生徒が仮説を発表している様子

生徒Aの発表内容：

炭酸カルシウムを加えた分だけ二酸化炭素が発生すると思います。その理由は炭酸カルシウムと二酸化炭素の係数比が 1 : 1 だからです。

○代表となるグループを2つ選び、グループでまとめた記述内容をスクリーンに提示し、発表させた。

◆化学反応の物質の量的関係について根拠を基に考察し、表現している。

【思考・判断・表現】

(ワークシート、発表内容の分析)

A：自分で理論値などの根拠を基に仮説を立て、説明している。

B：自分で仮説を立て説明している。

★：他の生徒の意見を参考に、仮説を記述するよう促す。

5 実験を行い、結果を整理する。



生徒が実験を行っている様子

○実験を行う前に、実験操作についてのスライドを用いてポイントと注意点を説明した。

6 考察する。

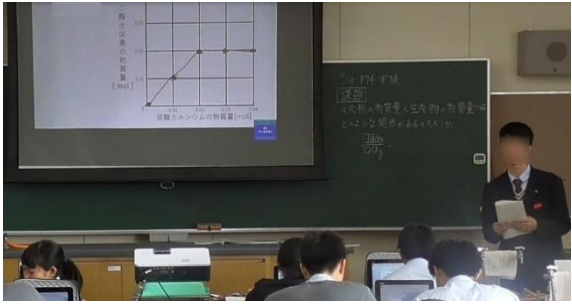
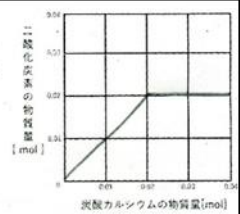
(1) グラフを基に、個人で考察した後、グループで考えを比較する。



生徒が考察について話し合っている様子

○グラフより2つの直線が表す意味を考えさせた。

○各グループで話し合う際、生徒同士の考えを比較し、根拠を基に説明するよう促した。

<p>展 開</p>	<p>(2) グループでまとめた考察を発表する。</p>  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; margin-top: 20px;"> <p>生徒Bの発表内容：</p> <p>炭酸カルシウムは 0.02mol までは二酸化炭素と 1 : 1 の比例関係で反応するが、その後は反応せず二酸化炭素は発生しなかった。</p> <p>その理由は、炭酸カルシウムと二酸化炭素は反応式の係数の比が 1 : 1 だけど、塩酸まで考えると 1 : 1 : 2 で、コンカルビーカーにある塩酸は 0.04mol だから、炭酸カルシウムが 0.02mol 反応した時点で塩酸がすべて反応してしまうので、炭酸カルシウムはそれ以上反応しなくなると思ったからです。</p> </div>	<p>○仮説を発表していない3グループについて、グループでまとめた記述内容をスクリーンに提示し、発表させた。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>考 察</p> <p>(1) 実験の結果より、加えた炭酸カルシウムの物質量と発生した二酸化炭素の物質量の関係を右のグラフに表してみよう。</p>  <p>(2) 計算で予想した二酸化炭素の物質量と、実験で測定した二酸化炭素の物質量を比較し、ほぼ一致するか検証してみよう。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>全く一致しなかった。予想した物質量と異なる結果の得がはた。</p> </div> <p>(3) グラフを基に、炭酸カルシウムと二酸化炭素の物質量の関係について説明しよう。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>一定量の塩酸と反応する炭酸カルシウムの物質量と発生する二酸化炭素の物質量は、最初は比例していた。あとは一定になっていた。</p> </div> <p>まとめ</p> <p>今回の実験で分かったことを書こう。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>一定量の塩酸と反応する炭酸カルシウムの物質量と発生する二酸化炭素の物質量は、一定量の塩酸があるときは比例関係がある。また、その物質量の比が化学反応式の係数の比であることがわかる。</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">生徒が記入したワークシート</p> <p>◆化学反応の物質の量的関係について根拠を基に考察し、表現している。</p> <p>【思考・判断・表現】 (ワークシート、発表内容の分析)</p> <p>A : グラフから2つの直線が意味する関係について考察し、説明している。</p> <p>B : グラフから、考察したことを説明している。</p> <p>★ : グラフから、反応物と生成物の関係について再確認させる。</p>
<p>ま と め</p>	<p>7 本時のまとめをする。</p> <p>8 振り返りをする。</p>	<p>○ワークシートに今回の実験で分かったことを書かせ、反応物と生成物の物質量の関係について確認した。</p> <p>○リフレクション・シートに記入させた。</p>

授業実践の考察（実践事例 10）

視点 1 1 時間における生徒の変容

ワークシートの記述内容の評価（表 1）について、原子量の授業では、評価が B の記述（自分の考えについて根拠がなく、結論のみ記述）をした生徒 6 人（31.6%）のうち 5 人が、評価が C の記述（空欄やその他）をした生徒 6 人（31.6%）のうち 5 人が対話的活動後に評価が A の記述へと変わりました。次頁資料 1 は、記述内容が B から A へと変わった生徒の例です。最初は質量の異なる炭素が存在すると漠然と考えていましたが、対話的活動後に、同位体の存在とその存在比を考慮するように考えが深まりました。

次に、溶液の濃度の実験を計画する授業では、B の記述をした生徒 2 人（11.8%）の全員が、C 記述をした生徒 8 人（47.1%）のうち 6 人が A の記述に変わりました。次頁資料 2 は、記述内容が C から A に変わった生徒の例です。自分では計算値を求め実験方法を考えることができませんでしたが、対話的活動を通して、他の生徒の考えを参考に、2 つの実験方法について考え説明することができました。化学反応の量的な関係の授業については、ワークシートを工夫し仮説を立てる前に根拠となる計算値を求め、グラフを書き予想を立てさせ、考察では実験の結果と予想を比較しながら考えさせたため、対話的活動が活発に進みました。その生徒の記述例が次頁資料 3 です。しかし、根拠を基に記述できている生徒（評価 A）の数が他の授業と比べると少なかったです。1 単位時間内に対話的活動の場면을 2 回取り入れたため、書く活動の時間が短くなり記入できなかった生徒がいたことが理由として考えられます。

各授業において、自分の考えと他の生徒の考えを比較することで、再考して自分の考えに根拠を持ち、確かなものにできたと考えられ、対話的活動の成果が見られました。

課題点として、班によっては理解度の高い生徒の考えが正解と決めつけ、それ以上の対話が生まれにくい場面もありました。自分の考えに自信を持って言えるような雰囲気作りが必要です。また、リフレクション・シートの「今日の授業で大切だと思ったこと」の記述があまり書けていませんでした。これは、本時のまとめにおいて教師が学習内容について確認するような場面を設定していなかったためと考えられ、振り返りの時間が大切だと分かりました。

表 1 ワークシートの記述内容の評価

授業内容	原子量		溶液の濃度		化学反応の量的な関係	
	自分の考え	対話的活動後の考え	自分の考え	対話的活動後の考え	※（仮説） 対話的活動後の考え	※（考察） 対話的活動後の考え
A	36.8%	89.5%	41.2%	88.2%	58.8%	64.7%
B	31.6%	0.0%	11.8%	11.8%	41.2%	35.3%
C	31.6%	10.5%	47.1%	0.0%	0.0%	0.0%
判定基準	A：根拠あり B：根拠なし、結論のみ C：空欄、その他		A：根拠と計算両方あり B：根拠と計算どちらか一方 C：空欄、その他		A：予想、グラフ、根拠あり B：予想、グラフ、結論のみ C：空欄、その他	

※自分の考えと対話的活動後の考えの記入欄の区別がなかったため、対話的活動後の考えのみ取り上げています。

課題 「炭素C」の原子量は12ではなく12.01である。その理由を考えなさい。

自分の考え : 「小さい炭素が1つ混ざっている」



対話的活動後の考え : 「炭素はほとんどが質量数12の原子だが、微量ながら質量数13の同位体も存在し、その存在は無視できないので存在比を考慮した平均値を使っている。」

資料1 生徒のワークシート記述変容の例【(B) → (A)の生徒】

課題 1%塩化ナトリウム水溶液50gの調整方法について説明しなさい。

自分の考え : 「計量する」



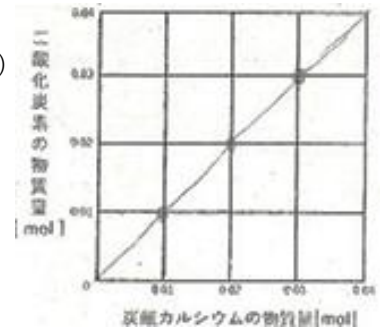
対話的活動後の考え : 「水49.5gに塩化ナトリウム0.5gを混ぜる。または、水99gに塩化ナトリウム1gを混ぜ、半分の50gを測りとる。」

資料2 生徒のワークシート記述変容の例【(C) → (A)の生徒】

課題 反応物の物質量と生成物の物質量にはどのような関係があるのだろうか。

仮説 対話的活動後の考え

「 $2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$ (係数比 2 : 1 : 1 : 1 : 1)
炭酸カルシウムと二酸化炭素は1 : 1だから発生する二酸化炭素は加えた炭酸カルシウムと同じ量になる。」



考察 対話的活動後の考え

(1) 計算で予想した二酸化炭素の物質量と、実験で測定した二酸化炭素の物質量を比較し、ほぼ一致するか検証してみよう。

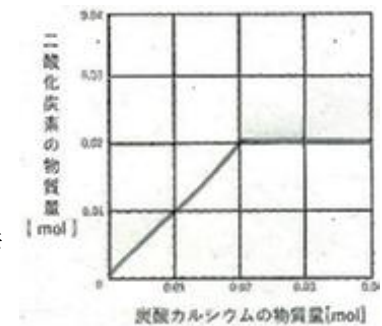
「全く一致しなかった。予想していた物質量と異なる結果が得られた。」

(2) グラフを基に炭酸カルシウムと二酸化炭素の物質量の関係について説明しよう。

「一定量の塩酸と反応する炭酸カルシウムの物質量と発生する二酸化炭素の物質量は、最初比例していて、後は一定になっていた。」

(3) 今回の実験で分かったことを書こう。

「一定量の塩酸と反応する炭酸カルシウムの物質量と発生する二酸化炭素の物質量は、十分に塩酸があるときは比例関係がある。また、その物質量の比が化学反応式の係数の比であることが分かった。」



資料3 生徒のワークシート記述変容の例【仮説(A) → 考察(A)の生徒】

※自分の考えと対話的活動後の考えの記入欄の区別がなかったため、対話的活動後の考えのみ取り上げています。

視点 2 単元における生徒の変容

(1) リフレクション・シートの自己評価の分析 (表 2)

思考力に関する自己評価について、10/23 で評価Aが 25%、評価Bが 70%であったものが、10/27 以降はAもBも 50%近くになっています。課題について複数の視点から考えることができるようになりました。思考力に関しては授業内容に影響されるところも大きく、考えが広がり、深まるような課題設定とワークシートの工夫が必要です。判断力に関する自己評価については、回数が増えるごとに高くなり、自分で結論を導き出せるようになりました。表現力に関する自己評価については、相手に伝わるように説明することができると評価した生徒が半数を下回ることが多く、これからの課題と考えられます。協働性に関する自己評価については、最初から評価が高く、最終的には全員が他の生徒と協力することができたかと答えています。対話的活動へ意欲的に取り組んだことが分かります。全ての項目において、回数を重ねるごとに評価Cの割合は減少し、これは対話的活動の成果と考えられます。

表 2 リフレクション・シートの自己評価

10月23日					10月27日				
	思考力	判断力	表現力	協働性		思考力	判断力	表現力	協働性
A	25.0%	20.0%	25.0%	70.0%	A	55.6%	61.1%	44.4%	50.0%
B	70.0%	50.0%	55.0%	20.0%	B	44.4%	27.8%	38.9%	44.4%
C	5.0%	30.0%	20.0%	10.0%	C	0.0%	11.1%	16.7%	5.6%

10月30日					11月13日				
	思考力	判断力	表現力	協働性		思考力	判断力	表現力	協働性
A	52.6%	73.7%	57.9%	84.2%	A	45.0%	45.0%	40.0%	70.0%
B	47.4%	26.3%	31.6%	15.8%	B	50.0%	50.0%	50.0%	25.0%
C	0.0%	0.0%	10.5%	0.0%	C	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%

(2) 評価問題の分析(次頁表 3、表 4)

思考力については、問題 1 ではあまり変化が見られず、問題 2 は評価 C から評価 B への増加が少し見られますが、思考力が身に付いたと言える値ではありませんでした。判断力については、問題 1 では評価 C から評価 B への増加、問題 2 は評価 B から評価 A への増加が見られ、判断力が身に付いていると考えられます。表現力については、問題 1 ではあまり変化が見られませんが、問題 2 は評価 B から評価 A への増加が見られ、表現力が身に付いていると考えられます。

単元を通して、対話的活動での自分の考えを持ち、グループで活動から再考して自分の考えを確かにし、それを表出することで、特に判断力や表現力が育成されたと考えられます。

表 3 評価問題の記述内容の評価

問題 1	事前			事後		
	A	B	C	A	B	C
思考力	40%	55%	5%	41%	59%	0%
判断力	35%	20%	45%	35%	53%	12%
表現力	40%	60%	0%	35%	65%	0%

問題 2	事前			事後		
	A	B	C	A	B	C
思考力	5%	65%	30%	6%	76%	18%
判断力	5%	70%	25%	47%	35%	18%
表現力	15%	75%	10%	47%	41%	12%

表 4 評価問題の評価の判定基準

問題1

評価の観点	A	B	C
【思考力】 実験を考える。	複数の実験を考えている。	1つの実験を考えている。	実験を考えていない。
【判断力】 根拠を述べる。	根拠を分かりやすく述べている。	根拠を述べている。	根拠を述べていない。
【表現力】 分かりやすく表現する。	他の人に伝わりやすそう分かりやすく工夫して表現している。	適切に表現している。	他の人に伝わりやすそうに表現していない。

問題2

評価の観点	A	B	C
【思考力】 生成物を考える。	全ての生成物を考えている。	生成物の一部を考えている。	生成物を考えていない。
【判断力】 膨らむ理由を述べる。	根拠を基に理由を分かりやすく述べている。	理由を述べている。	理由を述べていない。
【表現力】 分かりやすく表現する。	他の人に伝わりやすそう分かりやすく工夫して表現している。	適切に表現している。	他の人に伝わりやすそうに表現していない。

次頁資料 4 は評価問題 1 における生徒の記述内容の変容の例です。事前で 1 つの実験方法を考えていたのが、事後では 3 つの実験方法を考えることができるようになりました。自分の考えが広がり、思考力が身に付いていることが分かります。次頁資料 5 は評価問題 2 における生徒の記述内容の変容の例です。化学反応式は事前、事後とも間違っていますが、事前は「空気による膨張」から、事後は「二酸化炭素が発生」と化学反応式から判断し、また、相手に分かりやすく伝えるために文章と図を用いて表現していることから、判断力と表現力が身に付いていると考えられます。

問題 1

事前 実験方法はA、B、Cの塩化ナトリウム水溶液を加熱する。ビーカー内に残った結晶の量を計る。残った結晶の量が 30g、10g、5g と分かるとそれぞれを区別できると思ったから。



事後

- ・味見する。味の濃さで分かるから。
- ・A、B、Cの各ビーカーの重さを計る。最も重いのが 30g 溶かした食塩水、軽いのが 5g 溶かした食塩水、残りが 10g 溶かした食塩水と分かる。
- ・A、B、Cの各ビーカーの水を全て蒸発させ、残った塩化ナトリウムの質量を計る。最も重いのが 30g 溶かした食塩水、軽いのが 5g 溶かした食塩水、残りが 10g 溶かした食塩水と分かる。

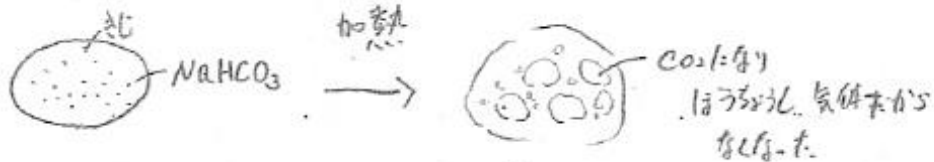
資料 4 生徒の評価問題 1 の記述変容の例

問題 2

事前 $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 炭酸水素ナトリウムが熱に反応し、空気が膨張したから。



事後 $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaOH} + \text{CO}_2$ 炭酸ナトリウムを加熱すると、二酸化炭素が発生し、中で膨張して気体だからなくなり穴があいた。



資料 5 生徒の評価問題 2 の記述変容の例

4 研究のまとめ(1) 研究の考察の表 1 の評価問題の記述内容に関する評価の値は、次の基準で判定しました。

A	「十分満足できる状況」	前頁表 4 の判定基準 A 3 個以上
B	「満足できる状況」	A「十分満足できる状況」、C「努力を要する状況」以外
C	「努力を要する状況」	前頁表 4 の判定基準 C 3 個以上

(3) 学習に関するアンケート調査の分析（次頁図 1、図 2、図 3）

授業中の学習活動（次頁図 1）では、質問 3 が事前では平均 2.7 から事後では平均 3.1 へと 0.4 ポイント増加していることから、生徒が理由や根拠を基に、自分の意見（自分の考え、答え）を発言したり、記述したりするように意識が変容し、表現力が身に付いてきたと考えられます。質問 2、5、6 は事前と比べ事後は 0.3 ポイント増加しました。学習内容について「なぜだろう」と疑問を持ち思考しながら授業に臨むようになり、自分の考えと他者との考えを比較したり、既習内容と関連付けたりして自分の考えを確かなものにしようとした生徒が増えたことが分かります。質問 10 の対話的活動については、事前に平均 3.5 だったのが事後に平均 3.3 へ減少しました。理由の記述として、いろいろな人の考えを聞くことで理解が深まる、他の人へ考えを伝えることで自分の理解が深まるなどの意見が多かった一方で、話合いの時間が長く逆に意見がまとまらない、話合いに参加しない人が出てくるなどの否定的な意見もありました。このことから、生徒の対話的活動への意欲は高いので、話合いの時間を決め、生徒へ役割を与えるなど教師からの指示を的確に示すことで、より効果的な活動と

なると考えられます。

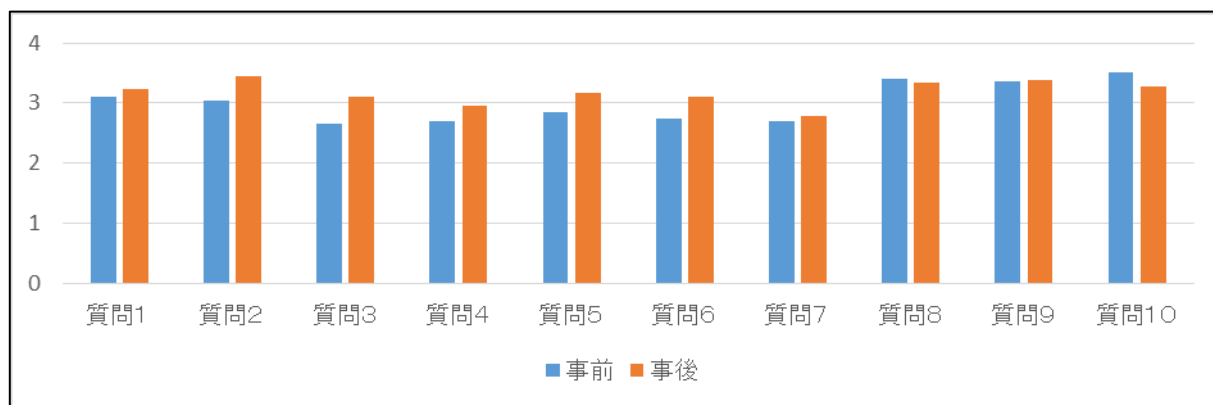


図1 学習に関するアンケート（授業中の学習活動）における事前と事後の変化（平均値）

授業以外の学習活動（図2）についても、授業中の学習活動と同じような傾向が見られました。特に質問2は0.5ポイント増加しており、授業内容について疑問点を考え、大切なことを意識しながら授業に臨むようになったと考えられます。

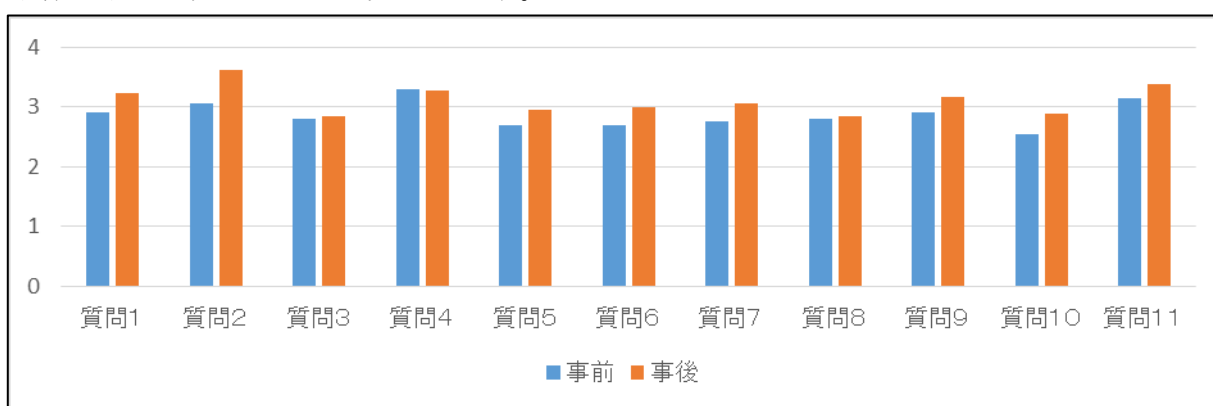


図2 学習に関するアンケート（授業以外の学習活動）における事前と事後の変化（平均値）

化学を学ぶ理由についてのアンケート（図3）では、質問3が0.3ポイント、質問5が0.4ポイント増加しており、化学について知っていることが増えると楽しい、分かるようになると楽しいと感じる生徒が増えました。この単元で行ったペアやグループ活動についての生徒の記述より「自分では考え付かなかったことを知ることができた」「難しい問題も皆で取り組むことで意欲が高まった」とあり、対話的活動により主体的に学習に取り組むことで、分かることの喜びを感じ、生徒の学習意欲の向上につながったと考えられます。

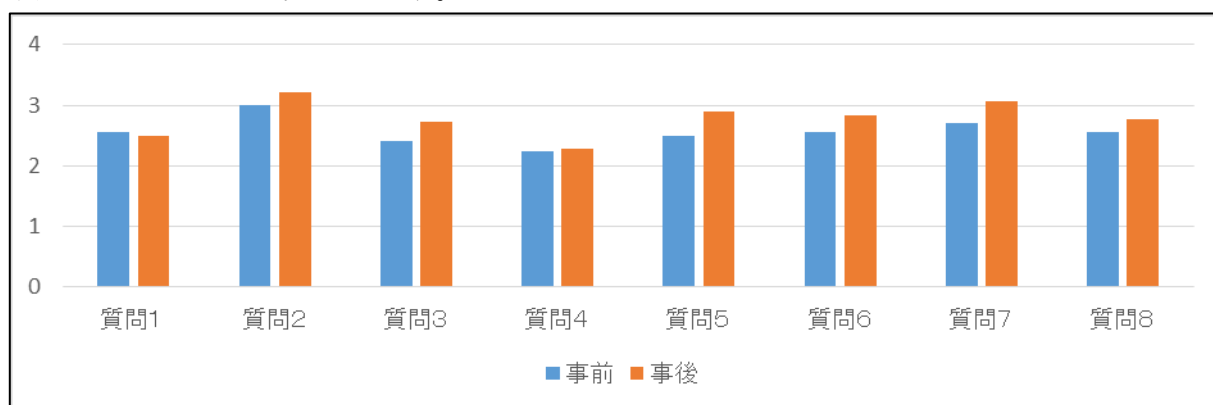


図3 学習に関するアンケート（化学を学ぶ理由）における事前と事後の変化（平均値）