

実践①－2 言語活動を生かした探究的な活動の授業モデルの提案

－化学の授業における効果的な言語活動の在り方とその評価の方法について－

1 はじめに

高等学校の化学では、理論化学における定量的な扱いを苦手とする生徒は少なくない。その一因は「文章を読み、科学的な視点から現象を捉える上で必要な想像力」や「数式や値から、現象を捉えたり説明したりする論理的思考力」の不足と考えられる。生徒にとってこれらの力は、化学の学習に限らず社会で生きる上でも必要となるものであり、学習指導要領の中で示されている「生きる力」の一部と言える。また、新学習指導要領では言語活動の充実が求められており、これは言語活用能力の育成が求められていると考えられる。言語活用能力は先に述べた想像力や論理的思考力の根底をなすものであり、言語活動の充実によって生徒の想像力や論理的思考力を育むことは特に重要な課題である。

一方で、生徒が言語活動を通じて身に付けた力を客観的に評価することは難しい。言語活動の充実は求められているものの、そこで育んだ言語活用能力の評価については十分な提案がなされているとは言い難い現状がある。平成24年6月に示された「言語活動の充実に関する指導事例集」においても評価規準を示すにとどまっており、より踏み込んだ評価手法については言及されていない。しかし、授業によって言語活用能力の向上を目指すには、それを客観的に評価し授業の工夫や改善に反映させることは不可欠な課題である。現在多くの高等学校において、授業における言語活動は手探りの中で進められているが、このような現状からも、言語活用能力の客観的な評価方法についての検討は急務であると言える。

2 研究の目的

(1) 言語活動を効果的に取り入れる授業の在り方についての検討

東京大学大学院教育学研究科の藤村宣之教授の研究によれば、ことばによる思考力を向上させる方法として、各生徒が自身の既有知識と関連付けながら考えること、その多様な考えを授業場面で検討し合うこと、その集団的検討を個人の思考や理解の深化に生かすことを特徴とする協同学習が有効である。そこで本研究では、①生徒の多様な考えを喚起する発問、②多様な考えを比較検討する討論場面の組織、③個人が（討論の前後で）理解や論理的思考を深める個別解決時間の設定の三つを取り入れた協同学習を行うこととした。

(2) 言語活動を通じて向上した論理的思考力を、客観的に評価する方法の検討

客観的な論理的思考力の評価については、生徒に学習の成果を示すだけでなく、手探りの状態の高等学校での言語活動を取り入れた授業について、模索する上での材料とすることも目指している。そこで本研究では、継続的に言語活動を行いながら自由記述型課題にも取り組ませた。生徒の解答内容をフィードバックしながら生徒の科学的思考の幅を広げる指導に生かすとともに、その解答内容を概念的理解という視点から分析し、質的な違いを明らかにし、生徒の変容を見ることとした。

3 研究の方法

(1) 学習内容

第3学年理系の生徒41名を対象とした化学Ⅱ（旧学習指導要領）の授業において「気体の分子量測

定実験」を行った。この内容は既習事項であったため、まず実験の前時の授業において事前指導の時間を設け、実験原理や操作方法について確認した。分子量測定実験は理論化学分野の一部として学習するが、気体の分子や圧力といった肉眼で見ることができないものを扱うため、観察・観測した事実から原理・現象を人に説明したり、人から聞いた説明を具体的にイメージしたりするには、特に言語活用能力が必要である。また、数式を導出して知りたい値を求めたり、実験によって得られた値から何かを考察したりするには論理的思考力が必要である。さらにはグループごとに実験を行うことで、より生徒間のコミュニケーションを取りやすくできる。以上の理由から、この題材が本研究を行う上で有効な教材となり得ると考えた。

(2) 実験原理や操作内容を題材とした言語活動

ア 実践内容

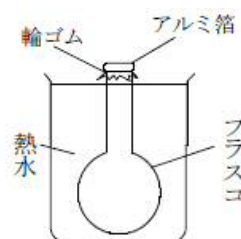
(ア) 各個人による考えを準備する時間の設定

本研究で取り組んだ実験の概略を次に示す。(詳細は資料参照)

次の実験の結果から、アセトンの分子量を有効数字2桁で求める。

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

- ① 右図のアルミ箔、フラスコ、輪ゴムの質量を測った。
- ② フラスコに 約 5 mL のアセトンを入れた。
- ③ 右図のようにフラスコの口をアルミ箔と輪ゴムを用いてふたをし、針で小さな穴を開け、熱水中に深く浸した。
- ④ アセトンが全部蒸発したことを確かめ、熱水の温度をはかった。
- ⑤ フラスコを取り出し、放冷したのち外側の水をよくふきとり質量をはかった。
- ⑥ フラスコに水を満たし、その容量をはかった。
- ⑦ 実験時の大気圧を気圧計で測定した。



初めに、複数の実験原理や操作に関する質問(次ページ参照)に、他の生徒と相談させず自分だけで取り組ませた。この時間では、後のグループ内での比較検討場面が必要となる、各個人による多様な考えや表現を準備させることを目的とした。

(イ) グループ内での比較検討場面の設定

十分な時間を確保して個人による思考、解答をさせた後、グループ内で各自の解答を持ち寄り、議論させた。各グループは4名または5名で構成し、机の配置は互いに顔が向き合い会話がしやすい状況とした(図1)。その間授業者は机間指導を行い生徒の様子を観察したが、議論が活発にならないグループに対しては鍵となる着眼点のヒントを与えたり、議論が進んでいる他のグループの発言を拾い上げて伝えたりすることで、言語活動の活性化を図った。



図1 グループによる比較検討場面の様子

(ウ) 個別解決時間の設定

グループ内での比較検討場面を経た後、再度個人で思考する時間を設定し、解答をまとめさせた。言語活動の前後において個人による解答はそれぞれ別の欄を指定し、言語活動の前後における生徒の思考の質的变化を分析できるようにした。

イ 言語活動の評価

言語活動の前後における思考の質的变化の分析を行うにはノート分析や授業中の発話分析などから

評価する方法もあるが、授業中に発言しない生徒も含めて学習の成果としての論理的思考力を評価するには、自由記述型の問題に解答させ、記述内容を分析する方法が有効である。そこで藤村（2008）の方法を参考に、生徒の記述内容を水準Ⅰ、Ⅱの3水準に分類し、水準Ⅰの解答に0点、水準Ⅱの解答に1点、水準Ⅲの解答に2点を与える点数化を試みた。全ての質問に共通する基準として、該当する要因に着目した推理を行っている場合を水準Ⅰ、さらにメカニズムとして理解し、因果的統合による説明を行っている場合を水準Ⅱ、水準Ⅰを満たさない解答を水準Ⅰとして評価した。これにより問題の解答を正誤の判断のみで評価するような従来型の評価ではなく、新学習指導要領にもある観点別評価に基づいて生徒の力を客観的に評価することを試みた。特に説明を求める問題においては、このように生徒の解答を三つの水準に分類し、評価する方法が有効であると考えられる。

具体的な質問内容、解答の評価の観点、評価基準、評価結果は次のとおりである。評価結果は言語活動の前後でそれぞれ集計した。

質問 1	(はじめに入れるアセトンの量である) 5 mL は、「正確に 5 mL」でなければならないのか、「だいたい 5 mL」でよいのかどちらか。理由とともに答えよ。				
評価の観点	「知識・理解」				
評価基準	水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰを満たしていることに加え、一定量以上であればフラスコに留まるアセトンの蒸気の量は変わらないことに言及している。			
	水準Ⅰ (1点)	アルミニウム箔の穴から余分なアセトンの蒸気は逃げていくことに着目している。			
	水準Ⅰ (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰ (1点)	水準Ⅰ (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	6 (14.6%)	5 (12.2%)	30 (73.2%)	0.41
	言語活動後	22 (53.7%)	7 (17.1%)	12 (29.3%)	1.24

質問 2	(2回目のフラスコの質量測定について) なぜフラスコの質量は放冷後に測定しなければならないのか。説明せよ。				
評価の観点	「観察・実験の技能」				
評価基準	水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰを満たしていることに加え、実験前後で測定した「フラスコの質量」には、空気の質量も含んでいることに言及している。			
	水準Ⅰ (1点)	1回目の質量測定と同じ温度条件にしなければ、不都合が生じる可能性のあることに着目している。			
	水準Ⅰ (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰ (1点)	水準Ⅰ (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	0 (0%)	6 (14.6%)	35 (85.4%)	0.15
	言語活動後	5 (12.2%)	13 (31.7%)	23 (56.1%)	0.56

言語活動の前後で生徒の解答の質が向上している。質問 2 については空気の質量という概念がなければ説明できないため、水準Ⅱに至った生徒はやや少なかったが、測定値の差を求める際は条件を揃えるという科学的思考の基本的スタンスは獲得できた生徒が増加している。

質問 3	(アセトンを蒸発させる際に) フラスコの口を小さな穴の空いたアルミニウム箔で覆う理由を説明せよ。				
評価の観点	「思考・判断・表現」				
評価基準	水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰの基準にある3点のうち、2点以上を組み合わせて複数の理由がある点に言及している。			
	水準Ⅰ (1点)	「フラスコ内の空気を追い出す」「フラスコ内をアセトンの蒸気のみで満たす」「フラスコの容積を超えた分のアセトンの蒸気を逃がす」の3点のうち、いずれか1点のみに着目している。			

	水準0 (0点)	水準Iを満たさない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準II (2点)	水準I (1点)	水準0 (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	6 (14.6%)	15 (36.6%)	20 (48.8%)	0.66
	言語活動後	4 (9.8%)	20 (48.8%)	17 (41.5%)	0.68

質問4	フラスコを直接ガスバーナーで加熱しない理由を説明せよ。				
評価の観点	「観察・実験の技能」				
評価基準	水準II (2点)	水準Iの基準にある2点を組み合わせて複数の理由がある点に言及している。			
	水準I (1点)	「アセトンを安全に加熱する」「フラスコ全体を均等に加熱する」の2点のうち、いずれか1点のみに着目している。			
	水準0 (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準II (2点)	水準I (1点)	水準0 (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	0 (0%)	23 (56.1%)	18 (43.9%)	0.56
	言語活動後	5 (12.2%)	26 (63.4%)	10 (24.4%)	0.88

質問5	アセトンが完全に蒸発した後も、2分間フラスコを加熱し続ける理由を説明せよ。				
評価の観点	「思考・判断・表現」				
評価基準	水準II (2点)	水準Iの基準を満たした上で、フラスコ内の蒸気の温度をビーカーの水温と一致させる目的があることに言及している。			
	水準I (1点)	アセトンの蒸気の温度を、ビーカーの水温から間接的に測定している点に着目している。			
	水準0 (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準II (2点)	水準I (1点)	水準0 (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	2 (4.9%)	0 (0%)	39 (95.1%)	0.10
	言語活動後	7 (17.1%)	0 (0%)	34 (82.9%)	0.34

質問3については、言語活動の前後での差は見られず、むしろ水準IIの数が減少している。原因として、着目すべき点が多過ぎ、生徒が質問の意図を十分理解できなかったことが考えられる。議論の際に各自で持ち寄った内容が多様であったことから自信を失って書かなくなったり、簡潔に説明することを諦めてしまったりした可能性もある。この結果は、授業者は単に生徒を話し合わせればよいというものではなく、ある程度着眼点などをタイミング良く与えることが必要であるということを示している。質問4については若干の上昇が見られ、質問5については水準IIの割合が大きくなったものの、グループ内での情報の共有に留まる生徒が多かったため、大きな上昇には至っていない。質問3の結果同様、授業者が他のグループの望ましい着眼点などを拾い上げ、クラス全体に紹介することの重要性が分かる結果である。

質問6	デュマ法によって分子量測定が可能な物質の条件を考えよ。				
評価の観点	「知識・理解」				
評価基準	水準II (2点)	水準Iの基準となる二つの条件ともに、根拠も含めて説明ができています。			
	水準I (1点)	気体の密度が同条件の空気よりも大きい点、または常圧における沸点または昇華点が100℃以下の物質であることを挙げている。			
	水準0 (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準II (2点)	水準I (1点)	水準0 (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	10 (24.4%)	13 (43.9%)	13 (31.7%)	0.93
	言語活動後	24 (58.5%)	13 (31.7%)	9 (9.8%)	1.49

質問6については、グループワークを経て、水準Ⅱに移行する生徒の数が大幅に増加している。アセトンと同様の性質をもつ物質を考えるという点に着目すればよいため、生徒同士で教え合う効果がよく表れたと言える。

机の配置やヒントの与え方などの配慮の効果もあり、グループワークにおいては単に答えのみを教え合うのではなく、なぜその条件なのかという点について熱心に議論する生徒の姿が見られた。このような取組の継続により、自分の言葉や身振り手振りも交えながら考えを説明し合うことで、教えられる側だけでなく、教える側の概念理解も深まるようになればと思う。

(3) 実験結果の考察を題材とした言語活動

これまでの質問は操作手順の理由について考える内容であったが、ここからは実際に各グループが実験によって得られた分子量の値をどのように捉えるかという点を、言語活動の題材とした。

ここでは単にデータ（数値）を求めて終わりとするのではなく、得られたデータから何を考えるのかという科学的な探究心を育むことを目指した。これまでの生徒実験では、結果が理論値と異なったときに「失敗した」で終わらせる生徒が多いことが気になっていたが、これは生徒実験の目的が事実を追認するだけになっているためであると思われる。本校は大学の理系学部への進学を目指す生徒が多いが、大学入学後はそれぞれが大学の研究室等に配属され、まだ誰も結論の分からないことについて探究していくことになる。そこでさまざまな力が求められる中、最も重視されるのは実験により得られた結果に基づいて考察し、結論を導き出せる力、つまり論理的思考力である。また大学での研究は研究室の指導教員や仲間とディスカッションするプロセスも重要である。以上の理由から、ここでの言語活動は自然科学を志す生徒たちにとって特に大切な取組であると考えた。

生徒が求めた分子量が理論値とずれてしまうことは予想していたため、分子量が実験の測定値から計算によって間接的に得られている点に着目させ、自分のグループの結果が理論値とずれてしまった要因について考えさせた。分子量の計算には気体の状態方程式 $PV=(w/M)RT$ を用いており、分子量 M の値が理論値より上にずれたか下にずれたかによって考察する内容が変わるため、原因として考えられることを生徒が思いつくままに列挙するだけでは、科学的な考察にならない。したがってこの考察には一定の論理的思考が求められるので、言語活動の題材として適切ではないかと考えた。

生徒の実験結果の考察を評価した結果を次に示す。

評価規準	「思考・判断・表現」			
評価基準	水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰの基準を満たした上で、測定値の大小のずれが分子量の計算結果にどう影響を与えたのか、矛盾のない説明ができています。		
	水準Ⅰ (1点)	測定した気体の体積、質量、絶対温度のうち、どれが自分たちのグループの求めた分子量の値のずれに影響を与えたのかを分析、説明している。ただし、説明と求めた分子量の関係に矛盾があるものは除く。		
	水準Ⅰ (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。		
評価結果 (人数)	水準Ⅱ (2点) 8 (19.5%)	水準Ⅰ (1点) 18 (43.9%)	水準Ⅰ (0点) 15 (36.6%)	平均値 (点) 0.83

気体の体積 V 、質量 w 、絶対温度 T のうち、どの値の測定が分子量のずれに大きく関わったのかを考えることはできても、それを定量的な視点から検証する力にはまだ不足があることが分かる。今後も、普段の授業から継続的に数式から現象を読む機会を与えながら、この力の変化の追跡調査を行い、さらなる授業改善のヒントを探ることが必要であると考えます。

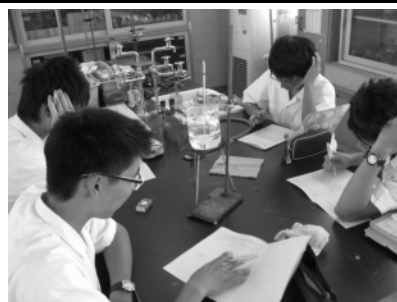


図2 実験後の考察の様子

4 評価の分析

(1) 言語活動の評価に関する分析結果

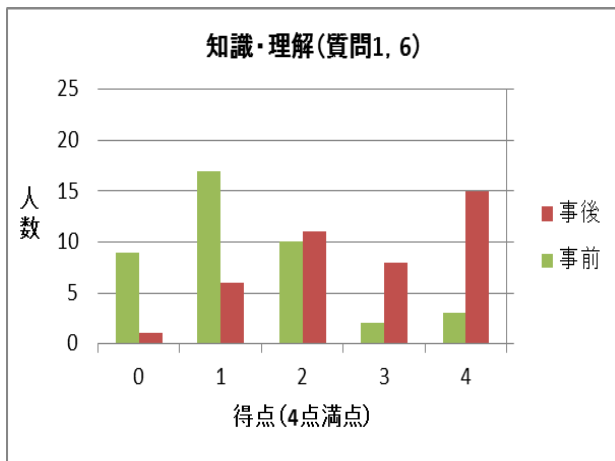


図3 「知識・理解」の得点分布

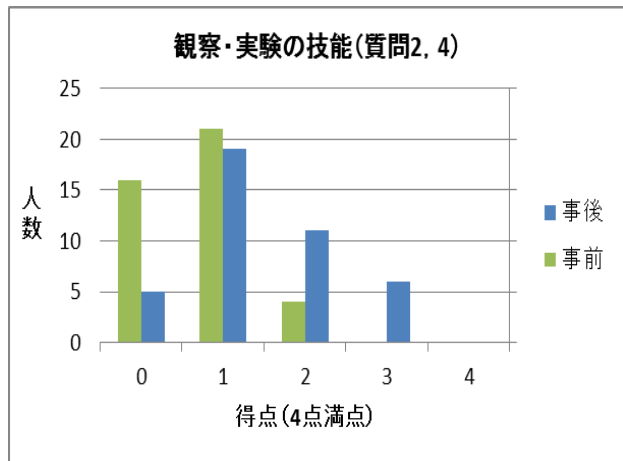


図4 「観察・実験の技能」の得点分布

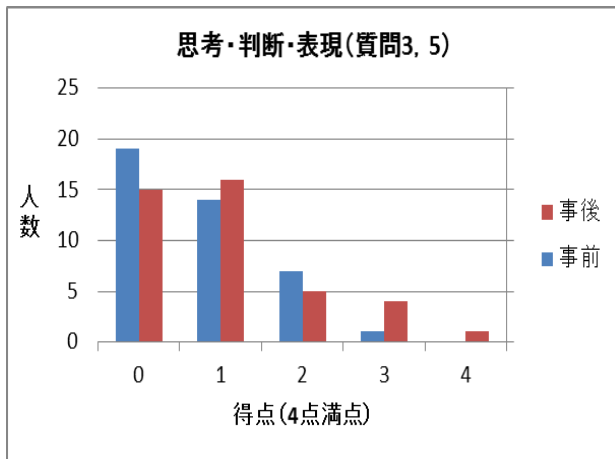


図5 「思考・判断・表現」の得点分布

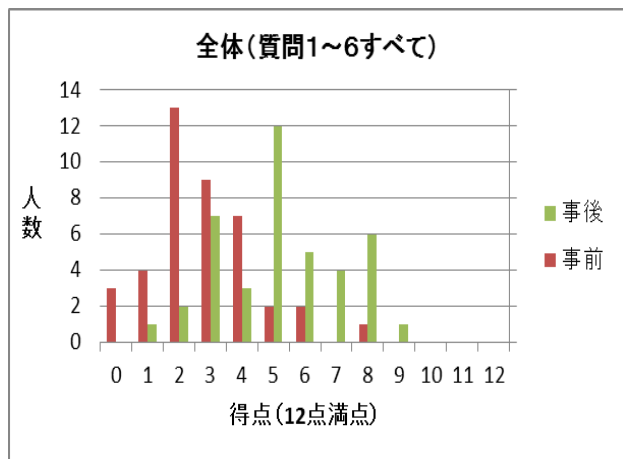


図6 全体の得点分布

ア 評価の観点別の得点分布 (図3～5)

事前一事後の得点上昇は、「知識・理解」の方が「観察・実験の技能」や「思考・判断・表現」よりも顕著であった。「知識・理解」の質問は、ある着眼点に気付けば比較的容易に解答できたのに対し、「観察・実験の技能」や「思考・判断・表現」の質問は複数の着眼点に基づいた、論理的な思考や表現が求められたことが結果の差となって表れたのではないかと考えている。今回の取組における言語活動では「知識・理解」に関しては一定の成果が得られたものの、「観察・実験の技能」や「思考・判断・表現」に関しては質問のレベル設定等も含めた工夫・改善の余地があると考えられる。

イ 三つの評価の観点を合わせた、全体の得点分布 (図6)

グラフを見る限り、言語活動が生徒の論理的思考力の向上に一定の成果を与えていることが分かる。先述のとおり本研究での言語活動にはまだ工夫の余地はあるものの、言語活動を授業に取り入れる方向性そのものは間違っていないと判断できる結果である。

(2) 言語活動の評価と、実験結果の考察の評価との相関性

ここまでは言語活動によって生徒の論理的思考力が高まるという点を報告してきたが、ここからは言語活動の評価と、実験結果を考察する力の関連を見るために比較を行った。前頁に報告したように実験結果の考察を水準Ⅱ、Ⅰ、Ⅰの3水準で評価し、水準ごとでまとめたグループを、言語活動の評価得点(事後、12点満点)の平均値と比較した。

実験結果の考察に関する評価 (人数)	水準Ⅱ (8人, 19.5%)	水準Ⅰ (18人, 43.9%)	水準Ⅲ (15人, 36.6%)
言語活動の評価得点の平均値 (事後, 12点満点)	5.75	5.44	4.60

水準ⅡとⅠのグループ間では平均値に大きな差はなかったが、水準Ⅲのグループとでは平均値に若干の開きがある。実験結果の考察において水準Ⅱや水準Ⅰを満たすには、定量的な思考とその過程の論理的な説明というハードルを超えなければならないので、水準ⅡおよびⅠのグループの平均値が高くなっている点は納得がいく。以上から本研究における言語活動は、科学的思考力の向上に少なからず影響を与えていると言えるのではないだろうか。しかしながら一方で、水準Ⅱ、Ⅰ、Ⅲのグループ間での評価得点の差が顕著とは言い難い点を考えると、今回の取組からは効果があるとは言えない。したがって、今後も言語活動が科学的思考力を高める可能性について前向きに捉え、長期にわたっての継続的な実践を行いながら、より多くの検証材料を積み重ね、検討していく必要があると考えている。

5 今後の課題とまとめ

(1) 生徒のアンケート結果から見る本研究の成果と課題

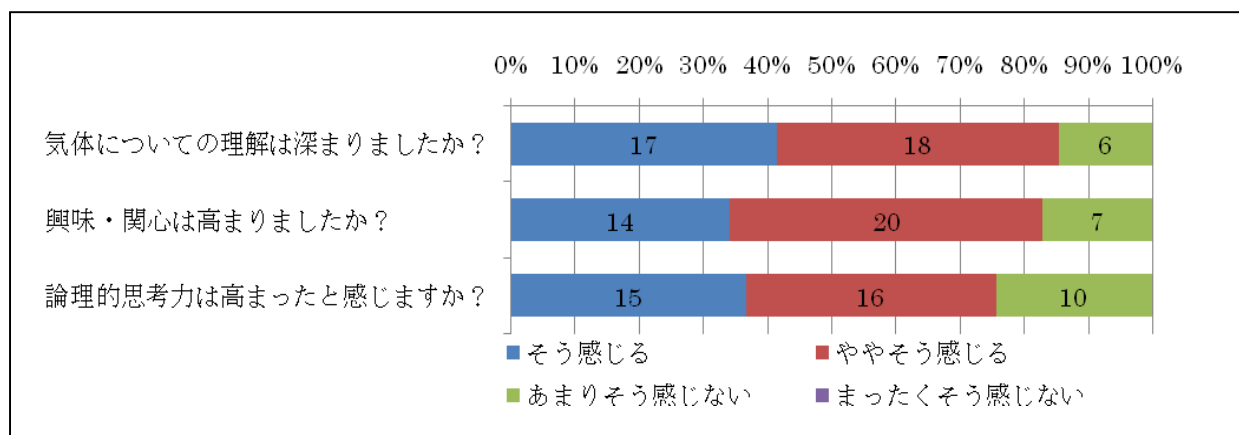


図7 生徒のアンケート結果

各質問ともに肯定的回答が7割を超えていることから、生徒の満足度は高かったことがうかがえる。生徒は実験をしたということだけでも楽しんで取り組めたと推測されるが、他にも理由として「結果について自分なりに考え、他人の考え方も聞くことによって自分の思考の幅や視点が増えたと思う」「実験結果の値がひどかった（大きく理論値とずれた）ので、どうしたら近づけることができるのか考えようとする意欲が高まった」「なぜだろうと思うことが授業よりも多かった」「ただ何となく計算問題を解いている、という感覚から脱却できた気がした」など、言語活動を取り入れる授業に対して肯定的な感想を理由に挙げた生徒も多く、一定の成果は得られたのではないかと考えている。

しかしその一方で「結局多くの疑問が残ってしまった」「考察（議論）する時間が短く結論が曖昧なまま終わってしまったので、十分な時間を取ってほしかった」等の感想もあり、時間設定の方法やグループワーク中の授業者の効果的な働きかけ方等において課題が残った。

(2) 今後の課題

ア 継続的な取組と、その効果の検証

既述の通り、今回は言語活動に軸足を置いて展開したが、生徒の力の評価分析結果からも分かる通り、十分に効果が得られたとは言い難い。やはりより望ましい効果を得るためには、長期間にわたっ

て言語活動を取り入れる授業展開を模索することが必要であろう。しかし現実的には今回のような形ですべての授業を行うことは不可能であるため、継続的に実施していくならば言語活動を取り入れるポイントとタイミングを精選する必要がある。よって本研究の中で実施してきた言語活動のうち、どの要素がより効果を与えているのかを検証し、効果が高いと思われるものだけを普段の授業で少しずつ、継続的に取り入れていくのが現実的であろう。そのためにも言語活動が生徒に与える影響について、より深い考察が必要である。

イ 時間の設定や議論のポイントの提示

先述の通り、言語活動は単に話し合わせればよいというものではなく、他人の多様な意見や考えも参考にしながら自らの思考や理解を深めることが大切である。しかしグループワークの時間を設けても議論があまり進まず、結論があいまいなままに終わるグループも少なくなかった。原因としては時間の制限を意識できず無駄に時間を使ってしまうケースや、着目すべきポイントがグループの誰もが分からないために一向に議論が進まなかったケースもあった。それを解決するには、あらかじめ「今から10分間で結論を考えなさい」といった制限時間の設定や、グループでの議論に入る前に参考となる着眼点を提示しておくことが有効ではないかと考える。グループワークを活性化させるためには、ある程度オープンなアプローチが可能となる題材である必要があるが、今後は議論の前にポイントをうまく提示して議論の入り口を適度に狭めることで、望ましい結論に生徒が辿り着けるような工夫を講じなければならぬと感じている。

(3) まとめ

今回の言語活動とその評価は一つのモデルケースとして報告させていただいたが、新学習指導要領の実施を受け、生徒の論理的思考力の育成と観点別評価は今後ますます重視されると思われる。学習内容が多い上に抽象的思考を要する場面も多い高等学校の理科教育において、言語活動を継続的に取り入れる時間的な余裕はないと感じる教員も多い。しかし、例えば各単元のまとめの際に発展的内容を扱う場面や、今回のように実験の考察の場面であれば少しばかりの余地はある。授業者が一方的に解説していく授業は、時間的効率がよく、生徒が誤った理解をするリスクも少ない。しかしはじめから授業者がすべてを解説してしまうことで、生徒が主体的に考えたり疑問に思ったりするような、科学的に物事を考える機会を奪ってはいないだろうか。授業者がはじめから丁寧に解説しづらい点はあるが、生徒の発言や気付きを上手に拾い上げ、望ましい結論に導く指導力がこれから求められてくるのではないかと考えている。

参考文献等

- 『教科連携型協同学習を通じた「ことばによる思考力」の育成』『第2回 博報「ことばと文化・教育」研究助成 研究成果論文集』藤村宣之（2008 財団法人博報児童教育振興会，pp. 31-46）
- 『数学的・科学的リテラシーの心理学—子どもの学力はどう高まるか』藤村宣之（2012 有斐閣）
- 『高等学校理科における読解力の育成に関する研究』愛知県総合教育センター（2007 第47回研究発表会第3部会）
- 『言語活動の充実に関する指導事例集（高等学校版）』（2012 文部科学省）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/gengo/1322283.htm
- 『高等学校学習指導要領解説理科編』文部科学省編（2009 実教出版）

資料

化学 実験ワークシート No.1

揮発性液体の分子量測定（デュマ法）

1 目的

気体の状態方程式を用いて、揮発性液体（今回はアセトンを使用）の分子量を求める。

2 実験前のグループワーク

- ・実験の前に、実験手順に関する以下の質問1～6に解答しなさい。ただし、解答にあたっては以下の手順を進めていくものとします。

- ① 人とは相談せず、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。
- ② 各自で準備した①の解答（説明）を基にグループで議論して、参考になった点があればメモ等を記録しておく。
- ③ 再度①と同様、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。

- ・質問1～6は別紙「実験ワークシート No.2」の「4 手順ならびに測定・記録」に関するものです。操作手順を参照しながら解答しなさい。

質問1 4(3)にある「5mL」は、「正確に5mL」でなければならないのか、「だいたい5mL」で良いのかどちらか。理由とともに答えよ。

①

②

③

質問2 4(7)にて、なぜフラスコの質量は放冷後に測定しなければならないのか。説明せよ。

①

②

③

質問3 4(3)にて、フラスコの口を小さな穴の空いたアルミニウム箔で覆う理由を説明せよ。

①
②
③

質問4 4(4)にて、フラスコを直接ガスバーナーで加熱しない理由を説明せよ。

①
②
③

質問5 4(5)にて、アセトンが完全に蒸発した後も、2分間フラスコを加熱し続ける理由を説明せよ。

①
②
③

質問6 デュマ法によって分子量測定が可能な物質の条件を考えよ。

①
②
③

3 準備

(1) 器具

(ア) グループ毎に準備されるもの

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 丸底フラスコ (×1) | <input type="checkbox"/> 1L ビーカー (×1) | <input type="checkbox"/> 温度計 |
| <input type="checkbox"/> アルミニウム箔 | <input type="checkbox"/> スタンド | <input type="checkbox"/> 金網 |
| <input type="checkbox"/> ガスバーナー | <input type="checkbox"/> マッチ | <input type="checkbox"/> 沸騰石 |

(イ) 教卓に準備されるもの

- | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 500mL メスシリンダー | <input type="checkbox"/> 電子天秤 | <input type="checkbox"/> 気圧計 | <input type="checkbox"/> 駒込ピペット |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|

(2) 試薬

- アセトン

4 手順ならびに測定・記録

(1) 乾燥した丸底フラスコにアルミニウム箔で蓋をし、針で小さい穴を1カ所開ける。

(2) (1)のフラスコの質量を電子天秤で測定する。

・ 乾燥した状態のフラスコの質量 $w_1 =$ [g]

(3) 丸底フラスコに約 5 [mL] のアセトンを入れ、アルミニウム箔で再度蓋をする。

(4) 1L ビーカーに水と沸騰石を入れ、丸底フラスコをアルミニウム箔が濡れない程度に深く浸し、加熱する。

(5) フラスコ内のアセトンが完全に蒸発した後、さらに 2 分間加熱を続け、一定温度を保つ (ガスバーナーの火力を調整)。その後、水温を測定する。

・ 測定温度 $t =$ [°C]

(6) 丸底フラスコをビーカーから取り出し、すぐに水で十分に冷やす。フラスコの外側の水分を完全に拭きとり、室温に戻す。

(7) 室温に戻した後のフラスコの質量を測定する。

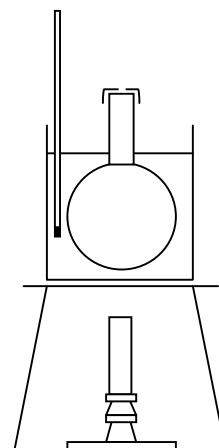
・ 実験後のフラスコの質量 $w_2 =$ [g]

(8) 丸底フラスコを水で満たし、その体積をメスシリンダーで測定する。

・ 体積 $V =$ [mL]

(9) 実験室の気圧を気圧計で測定する。

・ 圧力 $P =$ [Pa]



5 実験結果についての考察

(1) 得られた測定値および気体の状態方程式を用いて、アセトンの分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

- (2) (1)で求めた分子量 M は、観察および測定の結果、得られた値を気体の状態方程式に代入して算出している。つまり、分子量 M の値は P 、 V 、 w 、 T の測定値から間接的に求めているため、仮に M の値が理論値とずれてしまった場合、その要因が P 、 V 、 w 、 T の測定にある可能性を考えねばならない。

そこで各グループの実験操作を振り返り、それが分子量 M の値に与える影響について考察しなさい。

- | |
|---|
| <p>① 相談せず、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。</p> <p>② 各自で準備した①の解答（説明）を基にグループで議論して、参考になった点があればメモ等を記録しておく。</p> <p>③ 再度①と同様、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。</p> |
|---|

①

②

③