

実践 2－1 科学的な思考力・表現力の育成を図る

－化学を通して言語活動の充実を目指した取組に関する実践－

愛知県立一宮高等学校 金廣 伸也

1 はじめに

現在、OECDのPISAなど各種の調査から我が国の児童生徒の課題のうち、思考力・判断力・表現力等を問う記述式の問題、今までに習得した知識・技能を活用する問題への取組に課題があることが指摘されている。そこで、化学分野における思考力・判断力・表現力の向上のために論述課題に取り組み、言語活動の充実を目指した教育実践についての研究を行うことの重要性が大きくなっていると考え、今回の実践を行った。

2 研究の目的

最近の授業や演習において、それまでの授業等で得た知識が単なる暗記項目にとどまっており、活用できていない生徒が多いように感じていた。この場合、多くは学習したという実感が得られず、ひいては学習意欲の低下につながっていく。そこで、思考力・判断力を必要とする論述問題を通して、もっている知識を活用する力を身に付け、さらに言語活動を通して知識を表現することで学習したという実感をもたせ、最終的に学習意欲の向上を目指すことを目的として、前任校において平成 21 年度の 3 年生を対象に次のような研究を行った。

3 研究の方法

(1) 対象

3年理系4クラスのうち、大学入試で化学を必要とする生徒

(2) 時期

3学期（1月下旬から2月中旬までの授業）

(3) 内容

ア 観察・実験に関する論述式課題を提示する。

イ 理科の学習及び夏季休業中でのレポート課題を通して培った基礎的・基本的な知識・技能を生かし、論述文として作成する。

ウ 作成した論述文は、授業時間内に全生徒に回覧し、自分が作成した文章と比較させる。

エ 必要に応じて、生徒間で各自の論述について内容や意図を確認・議論する時間を設ける。

オ 議論した内容を通して、各自の論述文を修正し、論述文を完成させる。

(4) 留意点

ア 自らの力で文章、論述文を作成するように指導する。

イ 他の生徒の論述文に対して自分の意見をもてるようにし、それを基に討論できるように指導する。

(5) 授業計画 (65 分授業)

	内 容	方法・指導上の留意点	評価方法
導 入 (3 分)	・ 本時の目的説明	・ 問題を配付し、本時の目的を理解させる。	・ 授業態度
展開 1 (25 分)	・ 問題の解答	・ 自分の力で解答を作成させる。	・ 解答の内容
展開 2 (10 分)	・ 解答の交換・討論	・ 適宜解答を交換または巡回させるなどして他の生徒の解答を読ませる。 ・ 必要に応じて解答に対する意見を述べさせる。	・ 参加態度
展開 3 (15 分)	・ 自分の解答の修正	・ 他の生徒の解答で参考になると思われるものを利用して、自分の解答を手直しさせる。 ・ 他の解答を丸写しさせるのではなく、あくまで自分の言葉に置き換えて解答を作成させる。 ・ 生徒の学力や解答内容から、場合によっては必要と思われるヒントを与える。	・ 参加態度 ・ 解答の内容
展開 4 (10 分)	・ 解答の発表・討論	・ 数名の生徒を指名して修正した解答を発表させ、必要に応じてその発表に対する意見を他の生徒に求める。 ・ 「分かりません」などの安易な発言は避けるように指導する。	・ 参加態度 ・ 解答の内容
まとめ (2 分)	・ 発表のまとめ ・ アンケート回収	・ 今回の授業が今後どのようにつながっていくかを説明し、理解させる。	・ 授業態度

4 結果

今回の授業において、次に示す問題を解答させた。

〔問題 1〕 100mL のエタノールを 100mL の水と混合しよく振り混ぜた。別に、100mL の 1-ブタノールを 100mL の水と混合しよく振り混ぜた。十分時間がたってからそれぞれを観察したところ、一方は均一であったが、もう一方は二層に分かれていた。

- (1) 均一になったのはエタノールと 1-ブタノールのどちらを混合した方が答えよ。また、そのように判断した根拠を説明せよ。
- (2) 均一になった方の混合溶液の体積は、200mL より多いか少ないか、または同じかを答えよ。また、そのように判断した根拠を説明せよ。
- (3) 均一になった方について、硫酸銅(II)が水に溶けた状態とは異なる点を説明せよ。

〔問題2〕以下の問いに答えよ。なお、 0°C における水の密度を $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ 、氷の密度を $0.92\text{g}/\text{cm}^3$ とする。

- (1) 液体の体積を示す目盛り付きの大きな容器に 1000 cm^3 の水を入れて 0°C に保ち、これに 0°C 、 1000g の氷の固まりを浮かべた。このとき、水面は容器の目盛りでいくらの位置を指すか。
- (2) 数 10g の食塩を溶かした 1000 cm^3 の水溶液を(1)の実験と同様に容器に入れ、これを 0°C に保った後に、 0°C 、 1000g の氷の固まりを浮かべた。このときの水面の高さは、(1)の実験の結果と同じか、あるいは異なるか。理由を付け説明せよ。
- (3) (2)の実験後、食塩水に氷の固まりを浮かべたまま放置すると、氷の一部は融解したが、このとき食塩水の温度が 0°C よりも下がった。温度が下がった理由を説明せよ。

これらの問題を使用した根拠としては以下のとおりである。

(1) 問題 1

キーワードとなる用語が想像しやすく、苦手な生徒でも比較的取り組みやすいと思われる問題である。

(2) 問題 2

目新しい実験や難しい実験ではなく、生徒が日常生活で経験したことがある現象を題材としたイメージしやすい問題である。

また、解答用紙は以下の様式のものを使用した。生徒の解答例は資料を参照。

〔問題 1 (下書き)〕

(1) キーワード []
(2) キーワード []
(3) キーワード []

〔問題 2 (下書き)〕

(1)	
(2) キーワード []
(3) キーワード []

〔問題 1 (清書)〕

(1) キーワード []
(2) キーワード []
(3) キーワード []

〔問題 2 (清書)〕

(2) キーワード []
(3) キーワード []

さらに、授業の最後に、次のようなアンケートを実施した。

☆アンケート

◎該当する選択肢の番号に○をつけてください

設問1 自分にとって論述問題は得意（不得意）でしたか。

- 1 得意だった。
- 2 どちらかというと得意だった。
- 3 どちらかというと不得意だった。
- 4 不得意だった。

設問2 今まで課題などで論述問題を解くとき、あなたはどのようにしていましたか。

- 1 だいたい何も見ずに自力で文章を書けていた。
- 2 半分くらいは自力で文章を書けていた。
- 3 解こうとはしていたが、大半は自力で解くことができず、ほとんど教科書等を調べながら文章を書いていた。
- 4 初めから解くのをあきらめて、模範解答を赤ペンで写すことが多かった。

設問3 今回の2つの問題について、それぞれ次の観点で到達度を自己評価してください。

	だいたいできた	少しできた	あまりできなかった	できなかった
〔問題1〕				
キーワードを挙げる	1	2	3	4
キーワードをつなげる	1	2	3	4
正しい日本語にする	1	2	3	4
自分の言葉で文章にする	1	2	3	4
〔問題2〕				
キーワードを挙げる	1	2	3	4
キーワードをつなげる	1	2	3	4
正しい日本語にする	1	2	3	4
自分の言葉で文章にする	1	2	3	4

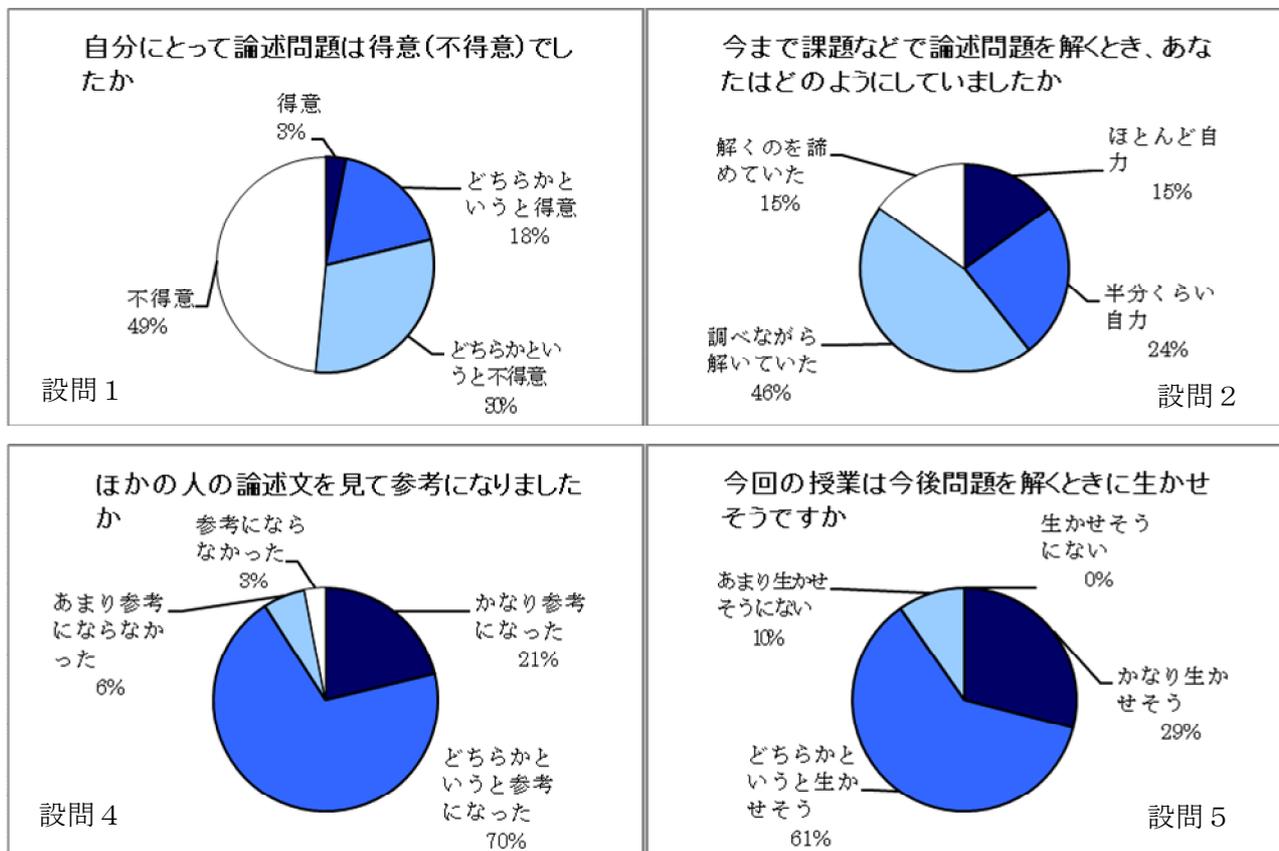
設問4 ほかの人の論述文を見て参考になりましたか。

- 1 かなり参考になった。
- 2 どちらかという参考になった。
- 3 あまり参考にならなかった。
- 4 参考にならなかった。

設問5 今回の授業は今後問題を解くときに生かせそうですか。

- 1 かなり生かせそう。
- 2 どちらかという生かせそう。
- 3 あまり生かせそうにない。
- 4 生かせそうにない。

このアンケートの集計結果を次に示す。



加えて、アンケートの設問2と設問3を比較し、日常の取組と自己評価の相関性を調べた。

(1) 設問2での回答を基にした設問3での自己評価の結果

設問3での4つの基準について、それぞれ「だいたいできた」と回答したら4点、「少しできた」は3点、「あまりできなかった」は2点、「できなかった」は1点、というように点数化し、計8項目の平均点を設問2での回答別に集計した。

設問2の回答	平均点
1 だいたい何も見ずに文章をつくっていた	2.86点
2 半分くらいは自力で文章をつくっていた	2.20点
3 教科書等を調べながら答えていた	2.13点
4 模範解答を写すだけだった	1.73点

(2) 設問3での回答を基にした設問2の回答結果

設問2での日常の取組について、「1 だいたい何も見ずに文章をつくれていた」と回答したら4点、「2 半分くらいは自力で文章をつくれていた」は3点、「3 教科書等を調べながら答えていた」は2点、「4 模範解答を写すだけだった」は1点、というように点数化し、設問3の4項目について自己評価別の平均点を算出した。なお、各項目について「だいたいできた」と答えた生徒はそれぞれ0～2名であったので、平均点の算出からは除外した。

	少しできた	あまりできなかった	できなかった
キーワードを挙げる	2.67点	2.21点	1.79点
キーワードをつなげる	2.65点	2.46点	1.87点
正しい日本語にする	2.41点	2.51点	1.80点
自分の言葉で文章にする	2.52点	2.50点	1.86点

5 考察

(1) 問題の内容と授業の実施方法について

今回は2ページに示した2題を用いたが、反省点として、[問題2]は浮力の知識を活用して解答する問題であったことが挙げられる。現行の学習指導要領では「浮力」は高校の物理分野で扱うことになっているため、生物選択者の中にはなぜ氷が水に浮くのかすら説明できない生徒もかなりいた。そのため、授業内の「展開2」の意見交換・討論の前に浮力についての簡単な説明を行った。その結果、ある程度の文章が書けるようになった生徒が増加した。今回の研究の目的は、「解答に必要な知識を生徒が既にもっているという前提で、その知識をどのように表現して他者に伝えるか」である。よって、この問題は物理選択者には良問であると思われるが、生物選択者には目的を満たしていないという点でふさわしいものではなかったかもしれない。

また、この研究授業は理系選抜クラスと普通クラスの2講座で行った。選抜クラスは国公立大学を志望する生徒が大半であり、普通クラスは地方の国公立大学や地元私立大学を目指す生徒が中心である。そのため、選抜クラスの生徒は浮力に関するものを除いてほぼ自分で文章を作成でき、あとは内容や言葉遣い、表現方法などの細部についての指導ができたが、普通クラスでは「展開1」の段階でほとんど文章を書けなかった生徒が多かった。そこで、普通クラスについては「展開2」の討論の中でこちらからヒントになるような問い掛けを行い、生徒にキーワードとなるべき語句を気付かせてから「展開3」

に入った。その結果、想定していたレベルに近い内容の文章が書ける生徒も現れた。このことから、学力がそれほど高くない生徒でも、教科書に太字で記載されている重要語句はある程度記憶しているが、その語句がただの暗記事項にとどまっており、うまく活用できないことが学力差が生まれている原因の1つであると考えられる。逆に、重要語句を暗記させるだけでなく、日常的にこのような主体的に解答の文章を書いていく取組を行っていけば、知識の活用方法、すなわち考える力も身につく、最終的には学力の向上や、長期的にはその先にある科学技術のさらなる発展にもつながるものと思われる。

この研究授業そのものについては、他の生徒の論述文を見ることが「かなり参考になった」または「どちらかという参考になった」と答えた生徒が9割を越え、「今後の学習に活かそう」「どちらかという活かそう」と感じた生徒も9割に達した。このことから、この授業方法は生徒には好意的に受け入れられており、有効なものと思われる。なお、「他の生徒の論述文は参考にならなかった」と答えた生徒は全員私立大学専願者であり、出題形式も記述式ではなくマーク式で出題される大学を志望しているので、「受験には参考にならない」という意味でこのような解答になったのではないかと考えられる。

(2) アンケート結果に見る日常的な学習方法の改善について

26 ページに示したアンケート結果では、設問2から課題等で「模範解答を写すだけ」の生徒はキーワードを挙げることも満足にできず、その結果キーワードをつなげて文章にすることができない傾向が伺える。一方、設問3から「キーワードを挙げる」ことについて「少しできた」「あまりできなかった」「できなかった」の各回答で平均点に差が現れているが、その他の3項目については「少しできた」「あまりできなかった」の2つの回答に平均点の差がほとんどなく、「できなかった」という生徒と大きく平均点が開いている、という結果になった。このことから、少なくとも教科書等を調べることでなくても正確な日本語を目にする機会が増え、その積み重ねが語彙力・表現力といった言語活動に必要な能力の向上に役立っているのではないかとと思われる。しかし、「キーワードを挙げる」ことはその科目の知識が定着しているかどうかに関係している部分が大きいため、すぐに模範解答を写すことはもちろんのこと、教科書や参考書を機械的に調べてあたかも自力で答えたつもりになっている場合も含めて、普段の学習において自力で答えを導こうとする努力をしていない生徒は、知識の定着度が低いか、語句は知っているけれどもどの場面でその語句を使えばいいかが分からないことが多いという結果が見て取れる。

以上のことから、日頃から文章を書かせる機会を多く与えるだけでも言語活動のスキルに関して一定の成果が得られるが、そこに他に頼らずに「考える」という過程を追加することでさらに大きな効果が期待できると考えられる。これを継続していけば、最終的には言語活動能力に加えて、論理的思考力、科学的判断力などの向上につながり、研究者を目指そうとする生徒の育成にもつながるものと思われる。

6 まとめ

近年「理科離れ」が問題になっているが、その原因の1つに、教科書の内容を暗記するだけにとどまり、考えることや発見することの楽しさ・すばらしさを教えることができていない、ということが挙げられるのではないかと思う。「理科」とは「理由を科学する学問」であり、さまざまな現象について覚えるのではなく「なぜ」と疑問に思うことが「理科」を学習する上でのエネルギーとなる。少なくとも、生徒は多かれ少なかれ考える能力をもっているはずであるが、その能力を発揮できていないため、理科の面白さに気付かずにいるのではないかと強く思う。今回、このような研究を行ってみたが、例えば授業中に生徒を指名して発問する際、安易に「分かりません」と発言させないとか、生徒の答えに対して「なぜそう思ったのか」と発問を重ねるなど、わずかな手間をかけるだけでも生徒と会話する機会が

増える。これだけでも十分言語活動を行っていることになる。また、課題を提出させた際、論述問題をどのように解いているかだけでもチェックし、自分の言葉で書くように指導することが、長い目で見た場合に生徒の思考力、表現力の向上の近道になると考えられる。理科と言語活動を関連付けて考えられることはあまりないが、このような言語活動を理科の教科でも積極的に取り入れて、「言葉」を利用して生徒の考える能力を發揮させる手助けをしていくことが、「理科離れ」問題を解決するきっかけの1つになるのではないかとと思われる。

※参考文献（問題の出典）

2010 全国大学入試問題正解（旺文社）

2009 全国大学入試問題正解（旺文社）

組 番 氏名

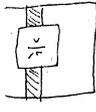
【問題1 (清書)】

- (1) キーワード (疎水基の割合)
 エタノール
 判断: エタノールとトブタールで比べると 親水基 -OH は等しいが 疎水基である炭化水素基の割合がトブタールの方が 大きいから。
- (2) キーワード ()
 少ない: 水とエタノールを混合すると、水素結合のすき間に エタノール分子が入り混じったため、その分 体積が 減りすぎるから。
混じり合い分子間力、分子間力により、水素結合 減りすぎる
- (3) キーワード (水素、イオン)
 エタノールは イオン結晶ではないので、水分子にエタノール分子 が取り囲まれる水和水状態になる。硫酸銅 (II) はイオン 結晶で、硫酸根と水素基の強電性水溶液中は完全に電離 している。硫酸銅は水分子に水素結合を形成する。

【問題1 (下書き)】

- (1) キーワード (疎水基の割合)
 エタノール
 判断: エタノールとトブタールを比べると 親水基 -OH は等しいが 疎水基である炭化水素基の割合がトブタールの方が大きいから。
- (2) キーワード (水和)
 少ない: 水とエタノールが水素結合を起し、水分子にエタノール分子のすき間に入り混じり、その分体積が減少するから。
- (3) キーワード (水素、イオン)
 エタノールは イオン結晶ではないので、水分子にエタノール分子が取り囲まれる水和水状態になる。硫酸銅 (II) はイオン結晶で、硫酸根と水素基の強電性水溶液中は完全に電離している。

【問題2 (下書き)】

- (1) $\frac{1000 \text{ g}}{0.929 \text{ g/cm}^3} = 1086.9$
 $\therefore 1000 + 1087 = 2087 \text{ cm}^3$
- (2) キーワード (密度)
 異なる: 食塩を溶かした水溶液では、密度が増える。 (1) の実験の時より、水が水中にある体積が 小さいから、(1) よりも水面の高さは低くなる。
- (3) キーワード (下部、凝固点降下)
 食塩水では、食塩は下部で凝固点降下により、凝固点降下 している。水が上部になる。水が上部になる。水が上部になる。水が上部になる。
- 

〔問題1 (清書)〕

- (1) キーワード〔 疎水性 〕
 エタノールとくらべて、エーテルは炭素数が少ないため、疎水性を示し、水と混ざりにくくなる。
 よって、エタノールが氷にとけやすいと考えられる。
- (2) キーワード〔 水分子 〕
 水分子と水分子の間にエタノール分子が入り込むため、200mlよりも少なくなる。と考えられる。
- (3) キーワード〔 硫酸銅イオン、銅イオン、硫酸銅(II) 〕
 硫酸銅(II)は水中で硫酸銅イオンと銅イオンに分解するが、エタノールは分極せぬので、水分子の間に入り込んでいないから。

〔問題2 (清書)〕

- (2) キーワード〔 〕
 食塩水の密度が大きくなるため、浮力も大きくなる。
 そのため、氷が沈む水の量が減る。よって、氷の量は減る。よって、氷の量は減る。
- (3) キーワード〔 凝固点 〕
 水の凝固点は0℃であるが、食塩を溶かすことにより、凝固点は下がる。よって、0℃でも氷に反応する。よって、氷の量は減る。よって、氷の量は減る。

〔問題1 (下書き)〕

- (1) キーワード〔 炭素数、疎水性 〕
 エタノールとくらべて、エーテルは炭素数が少ないため、疎水性を示す。よって、エタノールが氷にとけやすいと考えられる。
- (2) キーワード〔 水分子の間にエタノール分子が入り込む 〕
 水分子と水分子の間にエタノール分子が入り込むため、氷の量は減る。よって、氷の量は減る。
- (3) キーワード〔 硫酸銅イオン、銅イオン、分極 〕
 硫酸銅(II)は水中で硫酸銅イオンと銅イオンに分解するが、エタノールは分極せぬので、水分子の間に入り込んでいないから。

〔問題2 (下書き)〕

- (1)
$$\frac{1000}{0.92} = 1087$$

$$\frac{1087 + 1000}{2} = 2087$$

$$2087 \times 1000 = 2087000$$

$$2087000 - 1000000 = 1087000$$

$$\frac{1087000}{1000} = 1087$$
 食塩を水にとけさせると、水分子と塩化物イオンとナトリウムイオンに電離し、
- (2) キーワード〔 食塩を溶かすと、浮力が発生 〕
 食塩を水にとけさせると、水分子と塩化物イオンとナトリウムイオンに電離し、
- (3) キーワード〔 凝固点 〕
 水の凝固点は0℃であるが、食塩を溶かすことにより、凝固点は下がる。よって、0℃でも氷に反応する。よって、氷の量は減る。よって、氷の量は減る。

(問題1 (下書き))

- (1) キーワード (アルコール中に含まれる炭素数)
均一になったのはエタノールの混合溶液であるから
アルコールでは炭素数が少ないものからと溶けやす
い順に水に溶けやすくなる。
- (2) キーワード (菜見水基)
200mlより少ないからエタノールと水が混合しやす
いから親水性でOHの割合が多くなる。
- (3) キーワード (混合物と水素結合)
エタノールと水の混合物は均一な液体であるが
石炭酸銅の場合水素結合が水に溶けやす(115より
は水を含むとける状態に近(116

(問題2 (下書き))

- (1) 100 cm^3
- (2) キーワード ()
- (3) キーワード (露出点の差)

(問題1 (清書))

- (1) キーワード (アルコールに含まれる炭素数)
均一になったのはエタノールであるから
アルコール中のOHは疎水性で OHは親水性だから
この数が少ない方が水に溶けやす(115)と
言える
菜見水基
200mlより少くなる
- (2) キーワード ()
- (3) キーワード (混合物と水素結合)
エタノールは水に溶けて均一な液体であるが $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ は
水に溶けにくく均一な液体とならない状態に近(116)

(問題2 (清書))

- (2) キーワード (比重)
水と食塩水では食塩水の方が重くなるので
①の質量と目盛りは異なる。 どう異なる?
目盛りは上がる? 下水子?
- (3) キーワード (凝固点の差)
水と食塩水では凝固点の差で0を下回る食塩水
は固体になるから、一冊に純物質の凝固点や沸点
を軸に温度を又軸にとるとグラフは直線になるが、食塩水などの
混合物は曲線になる。 このとき氷との関係は?