

<h1>指導資料</h1>	<h1>理科 第306号</h1>	
	対象校種	幼稚園 小学校 中学校 高等学校 特別支援学校
 鹿児島県総合教育センター 平成28年4月発行		

科学的な思考力・表現力の効果的な育成 —小・中学校での指導を生かす授業改善—

平成27年4月に実施された全国学力・学習状況調査の理科で出題された問題や、その調査結果報告書に示された小・中学校での指導法の改善を参考に、科学的な思考力・表現力を育むための高等学校化学における授業改善の方法について提案する。

1 全国学力・学習状況調査を生かす高等学校での授業改善

平成26年12月の中央教育審議会答申において高等学校教育，大学教育，大学入学者選抜の一体的改革が提言され，平成27年9月の高大接続システム改革会議「中間まとめ」で，「小中学校において実践が積み重ねられてきたグループ活動や探究的な学習等の学習・指導方法の工夫の延長上に，受け身の教育だけではなく課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習(いわゆる『アクティブ・ラーニング』)の視点からの学習・指導方法の抜本的充実」を高等学校段階においても図ることの必要性が示された。また，平成27年8月に教育課程企画特別部会が取りまとめた「論点整理」には，全国学力・学習状況調査の実施が小・中学校関係者の意識改革や授業改善に大きな影響を与

えたことや，こうした授業改善等の成果を高等学校においても確実につなぐ必要があることが述べられている。

これらのことから，全国学力学習状況調査（小学校第6学年，中学校第3学年対象）の問題や報告書の内容を高等学校での指導の参考にすることは意義があり，授業改善の一つの方法となる。

2 高等学校化学で充実させたい学習場面

高等学校では，生徒に学習した内容を確認させる目的で観察，実験を実施することが多い。しかし，生徒は，学習内容の理解が不十分な上，準備されたマニュアルどおりに観察，実験を行うことにより，その目的や方法・手順の意味を理解できていない状況が見られる。そこで，小・中学校で充実が図られている観察，実験を計画させたり，結果を予想させたりするなどの，観察，実験を行う前の学

習を高等学校でも充実させることで、学習内容の理解を深めさせることができる。

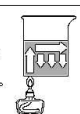
3 観察、実験を行う前の学習の工夫

観察、実験を行う前の学習活動について、全国学力・学習状況調査では、次のような問題が出題され、指導を行う際のポイントが述べられている。

(1) 実験結果を見通しながら実験を計画できるようにする学習


3 (2) 水の温まり方 (抜粋して掲載)
 (省略) そこで、ゆかりさんたちは、紅茶の葉が動いているようすから、「水はどのようにあたたまっていくのだろうか」という問題を立てて、予想したことを図に表しました。

あたためられた水が、
上の方に動いて、上から
順にあたたまると思うよ。



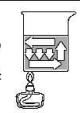
ゆかりさん

熱せられたところから
順に熱が伝わって、水が
あたたまると思うよ。



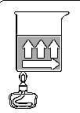
としおさん

あたためられた水が、
横の方に動いてから上
の方に動き、上から順にあた
たまると思うよ。



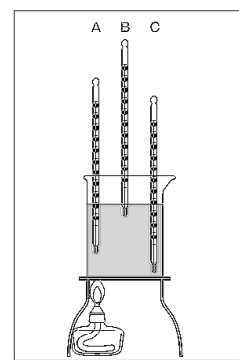
りか子さん

あたためられた水が、
横の方に動いて、下から
順にあたたまると思うよ。



あきらさん

ゆかりさんたちは、自分たちの予想が正しいかどうかを調べるために、A、B、Cの3本の温度計を、下の図のようにビーカーに入れて実験することにしました。



りか子さん

3本の温度計の温度が
高くなる順番で確かめる
ことができそうだよ。

りか子さんの予想が正しければ、どの温度計から順に温度が高くなっていきますか。下の**1**から**4**までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。

- 1 B→A→C
- 2 B→C→A
- 3 C→A→B
- 4 C→B→A

正答 4

水の温まり方については、小学校第4学年で学習しており、第6学年であ

れば多くの児童が理解しているはずである。しかし、この問題では、水の温まり方についての知識を問うのではなく、自分の予想はどのような実験の結果が得られれば証明されるかといった、実験の結果を見通しながら実験の計画ができることについて問われている。この問題の正答率は54.2%で、調査結果報告書には、予想が一致した場合に得られる結果を見通して実験を構想することに課題があると示されている。そして、指導に当たっては、自分の考えを発表したり説明したりするなどの学習活動を行い、自分の考えとは異なる他者の予想に対しても結果の見通しをもたせることや、予想が異なるにもかかわらず結果の見通しが同じになるのであれば、予想を確かめることができないことに気づき、予想を確かめるための実験方法を考え直させることが述べられている。

平成27年1月に実施された大学入試センター試験化学の有機化合物の分離に関する問題でも、不適切な方法から得られる実験の結果を問う問題が出題された。高等学校での指導においても、正しい方法とそこから得られる結果だけを指導するのではなく、生徒が自ら予想し、その予想から得られる結果を見通すというような学習活動を行わせることで、科学的な思考力・表現力を育むことが求められている。

(2) 対照実験を計画する学習

炭酸水素ナトリウムの分解反応は、

中学校第2学年の学習内容であり、第3学年の多くの生徒はその化学反応について理解している。次の問題も、反応に関する知識ではなく、炭酸水素ナトリウムが二酸化炭素の発生に関係していることを特定するための対照実験を計画することについて問われている。

1 蒸しパンの生地に関すること3

花子：ベーキングパウダーの主な原材料(図4)を、すべて同じ質量ずつ混ぜ合わせて水に溶かしたら、二酸化炭素が出たね。

次郎：炭酸水素ナトリウムだけを水に溶かしても、二酸化炭素は出なかったよ。

太郎：クエン酸だけ、コーンスターチだけ、小麦粉だけをそれぞれ水に溶かしても、二酸化炭素は出なかったよ。

花子：やっぱり、二酸化炭素が発生するためには、炭酸水素ナトリウムが必要なのかな。

良子：「ベーキングパウダーの主な原材料(図4)をすべて同じ質量ずつ混ぜ合わせて水に溶かす実験」と、「**Z**」を同じ質量ずつ混ぜ合わせて水に溶かす実験」の結果を比較すればわかるはずだね。

(5) 良子さんは下線部を確かめる実験で、上の**Z**に当てはまる原材料の組み合わせを考えました。入れる物質を○、入れない物質を×で表したとき、最も適切なものを、下のアからエまでのの中から1つ選びなさい。

	炭酸水素ナトリウム	クエン酸	コーンスターチ	小麦粉
ア	○	○	○	×
イ	○	○	×	○
ウ	○	×	○	○
エ	×	○	○	○

ベーキングパウダーの主な原材料
炭酸水素ナトリウム
クエン酸
コーンスターチ
小麦粉

図4

正答 **エ**

このように調べたい条件以外の条件を全て同じにして対照実験を計画することについては、小学校第5学年で重点的に指導されているが、この問題の正答率は52.5%であり、中学校でも指導の充実を図らなければならない内容の一つである。考えられる指導として、報告書では、「二酸化炭素が発生することに炭酸水素ナトリウムが関係しているのだろうか」というような課題づ

くりを行い、その課題を解決するために、考えられる条件の中から対照となる条件に気付かせ、予想を検証する観察、実験の計画を立てる学習場面を設定することが述べられている。

また、ここでは、科学的に探究する能力や態度を育成する上で主体的・協働的に観察、実験を計画することが大切であり、主体的に課題解決できるように生徒が興味をもちやすい事象を取り上げることや、実験を計画する際には、一人一人の考えをノートやワークシートに表した上で、それぞれの生徒が考えた実験の計画をグループで協働して、検討、改善することの重要性についても示されている。このような学習活動は、高等学校でも求められている主体的・協働的に学ぶ学習(いわゆる「アクティブ・ラーニング」)の一つであり、授業に積極的に取り入れ、工夫・改善につなげていきたい。

ほかにも、中学校の報告書には、実験結果を数値で示した表から分析して解釈し、規則性を見いだすことに課題があることが示されており、実験で得られる複数の変数から、変化することとその原因として考えられる要因を考察させるような指導も求められている。

4 高等学校での指導の工夫・改善例

このような視点を踏まえ、高等学校化学でよく実施される食酢に含まれる酢酸の濃度を求める実験での工夫・改善例を示す。この実験は、滴定の操作や濃度を求めるた

めの計算が複雑なため、活動を終わらせること自体が目的になってしまい、内容に対する理解まで深まらないことが多い。

そこで、実験を行う前に、まず、食酢中に含まれる酢酸の質量パーセント濃度を生徒に予想させてみる。このとき、参考として氷酢酸を準備し、氷酢酸と食酢の性質を比較させる。次に、予想させた質量パーセント濃度を基に食酢10mLを滴定するために必要な0.10mol/L水酸化ナトリウム水溶液の量を計算させ、実験の見通しをもたせる。こうした活動を協働的に行えば、他の生徒が予想した濃度に対する水酸化ナトリウムの量を計算することにもつながり、生徒は、中和反応の量的関係について理解を深めることができる。また、計算した量から食酢そのものを滴定するには多くの水酸化ナトリウム水溶液が必要であり、薄めて滴定しなければならないことに気付くことができる。ここでは、計算に必要な食酢の密度を、実験して求めさせる工夫を行い、密度についての理解を深めることもできる。

実験では、予想を立てさせたことで目的に「食酢の濃度を求める」ことだけでなく「自分の予想を検証し合う」ことも加わり、生徒がより主体的・協働的に取り組むことが期待される。また、立てた予想に基づき、見通しをもって実験を行うので、予想との違いを認識しながら滴定に必要な量を導き出すことにもつながる。さらに、結果から食酢の質量パーセント濃度を求めるときは、実験前に質量パーセント濃度から必要とされる水酸化ナトリウム水溶液の量を計算しているため、それぞれの過程が何を求める

ためのものであるかを理解しながら食酢の濃度を導き出すことになる。

この実験は、2単位時間での実施を計画し、1時間目に器具の取扱いに関する指導と実験の見通しを立てる活動を、2時間目に実験と考察を行うことが考えられる。

これまで実施してきた授業において、観察、実験を行う前の学習を充実させたり、主体的・協働的に学ぶ学習を取り入れたりすることで、生徒は、これまで以上に科学的な思考力・表現力を発揮し、学習内容を深く理解することができる。指導計画を検討し、他の単元でもこのような授業改善を図りたい。ただし、どの学習場面で実施するのかを十分に検討する必要がある。

現行の学習指導要領では、これまで以上に小・中・高等学校の系統性が重視されている。高等学校化学でも、このような義務教育段階で実施されている調査や、そこで述べられている指導のポイントなどを把握し、学習内容の系統性だけでなく指導法についても系統性をもたせながら、生徒の科学的な思考力・表現力を効果的に育んでいく必要がある。

－参考文献－

- 文部科学省『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』平成21年、実教出版株式会社
- 文部科学省『高大接続システム改革会議「中間まとめ」』平成27年9月15日
- 文部科学省『教育課程企画特別部会における論点整理について（報告）』平成27年8月26日
- 国立教育政策研究所Webページ
『平成27年度 全国学力・学習状況調査 調査結果のポイント』
『平成27年度 全国学力・学習状況調査 報告書【小学校】理科』
『平成27年度 全国学力・学習状況調査 報告書【中学校】理科』
<http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukou/index.html> 平成28年11月11日アクセス

(教科教育研修課)