

中学校理科における科学的思考力・表現力の育成

村上 篤男

1 はじめに

平成20年3月に告示された現行中学校学習指導要領(理科)の改訂の要点は、「観察、実験の結果を分析して解釈する力の育成」、「導き出した考えを表現する力の育成」である。

このことは、平成24年度全国学力・学習状況調査報告書でも指摘されている。

この「実験・観察の結果を分析・解釈する力」、「導き出した考えを表現する力」とは、「科学的思考力」であり、「導き出した考えを表現する力」とは、PISAでいうところの「表現力」である。

そこで、「科学的思考力・表現力」を育成するには、日々の授業をどう工夫・改善すべきかを考えてみた。

2 実験の結果を分析し解釈する力の育成

観察、実験の結果を分析して解釈する力を育成するには、そのような学習活動の場面をできるだけ多く経験させる必要がある。

しかし、それだけでは効果を十分引き出すことはできない。効果を十分に引き出すには、実験結果の記録・処理や、分析・考察の基本的技能を習得させるべく工夫した授業を準備しなければならない。

実験・観察を通して課題を解決していく学習では、①課題解決のための実験を行い、②実験結果を記録し、③実験結果を整理・分析・考察

し、

④結論を導き出す(表現)という流れが一般的であり、この中にはたくさんの作業や活動が複雑に組み合わさっている。

その中で、結果の処理や分析・考察の力をつけさせるには、一つ一つの作業や活動のねらいを明確し、そこから得られる結果を一つ一つ確認しながら学習を進める必要がある。

なぜなら、論理的な考え方、科学的な考え方この過程を通して身についてくるものだからである。

3 作業・活動のねらいを明確にする工夫

2年生の【化学変化と原子・分子】－「化合する物質の質量の割合」での一般的な学習の流れを見てみよう。

ここでは、銅粉を加熱、酸化させたときの質量の変化調べ、実験結果を図1のような表にまとめ、その表をグラフ化し(図2)、このグラフ

相当量	1	2	3	4	5	
銅[g]	0	0.40	0.80	1.20	1.60	2.00
生成した酸化銅[g]	0					
化合した酸素[g]	0					

図1 まとめの表

を中心に分析・考察を行い、そこにある規則性(定比例の法則)を発見するというのが主流となっている。この学習活動のながれを、思考の筋道を立てやすくする観点で見直してみたい。

まず、実験結果の記録についてである。各班の結果を図1に示すような表にまとめるのであるが、表の行見出しを図1のように「化合した酸素 (g)」で準備してしまわず、「質量の変化 (g)」で準備すべきである。質量が増加した理由を生徒に考えさせ (フィードバックさせ学習を深める)、「増加した質量」=「化合した酸素の質量」を確認させてから、「化合した酸素の質量 (g)」に修正させる必要がある。このことは、「銅と化合する酸素の質量の比4:1は、銅原子と酸素原子の質量比」の理解につながる

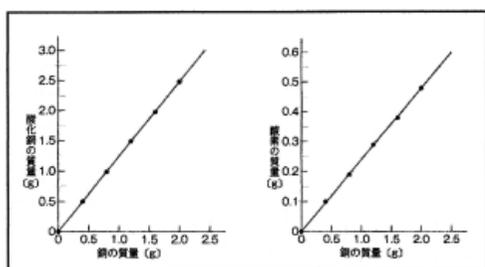


図2 銅を酸化したときの質量変化

ことなので大切にしたいステップである。

次にデータのグラフ化である。ここでは、データ処理の一手法としてのグラフ化を学ばせたい。大多数の生徒は、実験結果を表にまとめた段階で、「銅の質量-生成した酸化銅の質量」および「銅の質量-化合した酸素の質量」に正比例の関係が成立することを直感的に捉えている。

例えば、実際には未測定範囲に着目させ、「銅の量を2.40 gにしたとき、生成する酸化銅はどれくらい？」との問いに、「約3 g」、その根拠を問えば、「0, 0.5, 1 (0.99), 1.5 (1.49)・・・と増えている」と、ほとんどの生徒から答えが返ってくるのである。

実験結果を表にまとめた後、いきなりグラフ作成するのではなく、「銅の量を2.40 gにしたとき、・・・」等のやりとりを経て、見通しを立てさせた後、グラフ化の作業に進ませたい。

このことは、自然を調べる態度・能力の育成につながるのである。

また、グラフ作成にあたっては、図3のようにプロットされた測定値をどう処理(「折れ線」、「滑らかな曲線」、「原点を通る直線」)すべきか

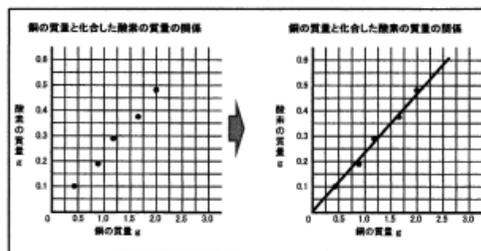


図3 グラフの作成

を考えさせ、分析の基礎的技法を学ばせたい。

最後に実験のまとめである。実験学習を、明確な目標を持たせた活動や作業の小単位(測定データの記録、グラフ化作業、グラフ分析、等)に細分し、一つ一つの単位から得られる結果を明確にした授業を展開することで、分析・解釈の力が高まり、優れた「まとめ」の表現を引き出すことができるようになる。

4 思考の筋道を作りやすくする工夫

実験・観察で得られた結果を分析・解釈していく途中、思考の道筋をうまくつなげなくなることがある。このような場合、適切な補完実験を準備することで思考の道筋を連続させることができる。

3年生の【化学変化とイオン】-[電池とイオン]-「電極の化学変化」では、電解質の水溶液に2種類の金属を浸すことで、電流が取り出せることを見いだすとともに、電流が得られる仕組みを、電極で起きている化学変化を通し

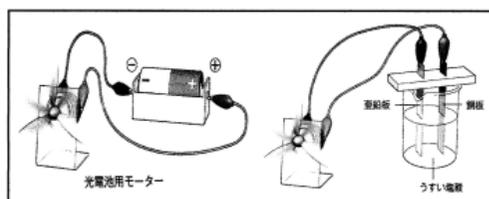


図4 電池

て説明できるようにすることがねらいである。

ここでの学習は、①うすい塩酸に銅板と亜鉛板を浸すと（図4）、プロペラ付きモーターを回したり、電子オルゴールを鳴らしたりすることで、電池が形成されることを確認し、②乾電池による電流との比較を通し、電流は銅板から亜鉛板に向かって外部回路（モーター）を流れること（銅板が+極、亜鉛板が-極になる）を見いださせ、③極板で起きている化学変化から、電流が得られる仕組みを説明できるようにすることである。

この学習で科学的思考が最も求められる場面は、③の極板で起きている化学変化を通して、電流が得られる仕組みを説明する場面である。

図4の観察では、銅板表面から気体（気泡）が発生するのは、銅板と亜鉛板を導線でつないだときにだけ起こるのであるが、亜鉛板から発生する気体（気泡）が拡散し観察しにくい。

そこで、亜鉛板から発生する気泡の拡散を抑制するため、図5に示すような塩ビ板に小さな穴を開けたものを仕切り板（隔壁）にし、ピーカーに装着し再実験すると観察がしやすくなる。

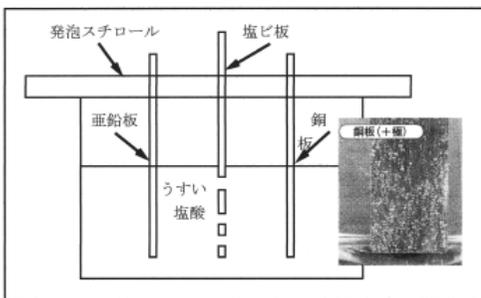


図5 気体（気泡）の核酸を抑える塩ビ板

また、電流が得られる仕組みを説明するためには、①亜鉛が電子を放出して亜鉛イオンとなって溶けだす。②このとき、水素イオンに電子が供与され、気体の水素が泡となって発生する。③亜鉛板は電子過剰の状態になる。④過剰の電子は、導線（回路）の自由電子を動かし、導線（回路）に一定方向（亜鉛板→銅板へ）の

電子の流れが生じる。⑤銅板側も電子過剰の状態になり、過剰になった電子は銅板の表面から水素イオンに与えられ水素になる。といった思考の筋道を立てることである。

ここで問題となるのは、銅板の表面から発生する気体が水素であることの確認である。そこで、図6に示すようなH型の電解装置を利用して電池を組み立てた。この装置を使って電流を取り出すと、亜鉛板、銅板どちらの側からも水素が発生していることを確認でき、電流が取り出されるしくみを説明する筋道を明確にすることができるのである。

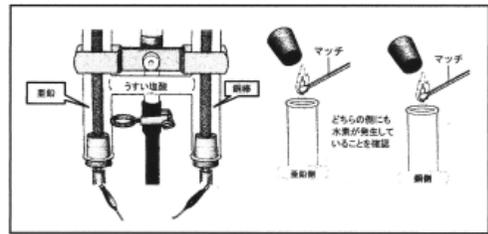


図6 H型電解装置を利用した電池

5 実験結果の記録の工夫

2年生の【電流とその利用】－[電流が磁界の中で受ける力]では、図7のように、電気ブランコを用いて磁界の中で電流が受ける力を調べる学習であるが、電流、磁界、力の向きを三次元で捉え、規則性に気づかせることが主なねらいである。

ここでは、図8の①の結果を規準にして②の電流の向きを逆にしたら力の向きは？③の磁界

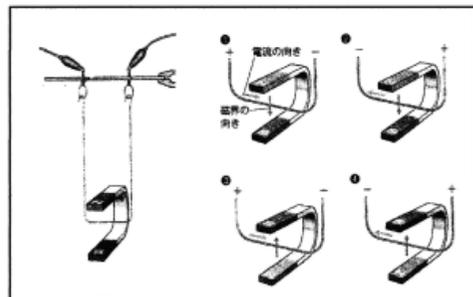


図7 電池が磁界から受ける力を調べる実験

の向きを逆にしたら力の向きは？④の電流の向きも磁界の向きも逆にしたら力の向きは？というふうの一つ一つ確認していきながら、電流が磁界から受ける力の向きを、「磁界の向きと電流の向きの両方に対して垂直になる。」「電流の向きまたは磁界の向きを逆にすると、電流が受ける力の向きも逆になる。」と比較的容易にまとめることができる。

しかし、実験結果を図7のような平面に記録するのでは、電流・磁界・力の向きの間になり立つ関係は、フレミングの左手の法則で表せるように、全て同じで1つのパターンになることになかなか気づかない。

そこで、図8で示したように発泡スチロールと楊枝（電流、磁界、力を色分けする）を利用して、三次元的に記録すると、図7の①～④の全てが、同じ1つのパターンになることに気づき、より優れた「考察・まとめ」を作ることができるようになる。

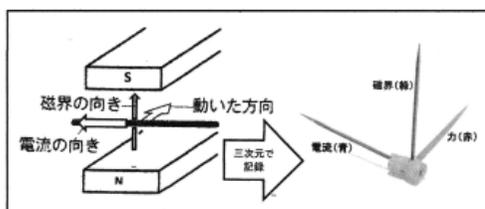


図8 三次元の記録

6 ワークシートの活用

一つ一つの作業・活動のねらいを明確にし、必要に応じて補完実験の挿入やデータの記録・処理を工夫することで授業は充実し、分析・考察も深まり、まとめの表現もより優れたものになる。

すなわち、科学的思考力（分析力・考察力）も高まり、表現力（自分で考えてまとめる力）も育つのである。

しかし、より効果的にするには訓練も必要である。それには、ワークシートの活用が有効である。一つ一つの作業や活動から得られた結果

を、しっかりと記録し、これをもとに、思考を練り、筋道をしっかり立てて考え、自分の考えを自分のことばで表現する訓練をワークシートを通して行うことができるのである。

7 おわりに

「観察・実験の結果などを分析し解釈する力」、「導き出した自分の考えを表現する力」は実験・観察学習では表裏一体である。「観察・実験の結果などを分析し解釈する力の育成」とは、理科の永遠のテーマである「科学的思考力の育成」であり、「導き出した自分の考えを表現する力の育成」とは、近年盛んに言われる「表現力の育成」である。

そして「科学的思考力」と「表現力」のベースになるのが「読解力」である。

これからの理科教育は、この古くて新しいテーマ「科学的思考力・読解力・表現力」の育成に、積極的に取り組まねばならない。

参考文献

- 「中学校学習指導要領解説 理科編」
 文部科学省 平成20年
 中学校理科用教科書
 「サイエンス 1・2・3年」 啓林館
 「理科の世界 1・2・3年」 大日本図書
 「新しい科学 1・2・3年」 東京書籍