

情報を処理し、活用する力を育てる理科学習

～2年「化学変化と物質の質量」の指導を通して～

名古屋市立 E 中学校

1 研究のねらい

理科の学習では、観察・実験を行って得た情報を基に、自然の事物・現象に見られるきまりや規則性を見付け出すことが大切である。このような科学的な探究に必要な資質・能力を育成するために、「解決する方法を立案」する活動や「探究の過程を振り返る」活動を理科の学習の中に取り入れるよう学習指導要領に示されている。また、探究の過程を振り返り、自分の学習を試行錯誤したり調整したりしながら学ぼうとしているかといった「主体的に学びに向かう態度」の育成も重要視されるようになってきている。

そこで、本実践では統計的手法を用いて、実験終了後に探究の過程を振り返り、実験方法の改善や仮説の見直しなどの試行錯誤をしながら、再び実験を行い、粘り強い取組の中で科学概念を獲得していくことのできる生徒の育成を目指したいと考えた。

2 研究の内容

(1) 生徒の実態

本校の生徒は、理科の授業に対して意欲的に取り組んでおり、仮説→実験→考察といった科学的な探究を楽しんでいるように感じられる。しかし、教科書に掲載されている実験をそのまま行うことも多く、探究活動の際に仮説を明らかにするためにどのような実験方法が良いかを考えたり、探究活動を振り返って、更なる課題に取り組むなど、試行錯誤をしたりしながら探究活動に取り組む経験に乏しい。

(2) 基本的な考え

自然の事物・現象に見られるきまりや規則性を明らかにするための仮説検証型の探究活動では、仮説に基づいた予想値（理論値）と実際に行った実験結果（実測値）とを比較検討することで、仮説の正否を判断する。しかし、実際に生徒が実験を行うと様々な原因で理論値と実測値の間に差が生じ、生徒がきまりや規則性を見付け出す時の大きな障壁となることも多い。私はこれまで、理論値と実測値に差が生じた時には、実験操作などのミスで、誤差を多く含む結果が出てしまうことも多いと説明し、教科書に書いてある理想的な結果を紹介し、科学概念について教え込んでしまうことも多かった。しかし、粘り強い取組の中で科学概念を獲得していく生徒の育成のためには、生徒に予想値と実測値に差が生じた原因がそもそも間違った仮説を立てていたためなのか、それとも実験方法に不十分な点があり正確な値を得ることができていなかったためなのか、さらに誤差の影響なども考慮し、探究活動を振り返らせる必要があると考えた。そして、実験方法に不十分な点があったと考えられる場合には、実験方法を改善し、再び仮説検証のための実験に取り組ませたいと考えた。

本実践で扱う「化学変化と物質の質量」の単元では、銅やマグネシウムなどの金属を加熱して、酸素と化合させ、質量の変化を調べる実験を行う。ここから一定の質量の物質に反応する他方の物質の質量には限度があり、互いに反応する物質の質量の比が一定であることを学習させる。（例：銅と酸素は4：1の質量比で化合する）しかし、この実験は、銅やマグネシウムを十分に酸化させることが難しく、理科室内で理論値通りの結果を得ることが難しい実験である。

そこで本実践では、生徒をこの理論値にならない実験結果に直面させ、探究活動を振り返りながら、どのようにすれば銅を十分に酸化させることができるのかを探究させる。そして、その成果を生かしてマグネシウムと酸素を化合させる実験に取り組ませたいと考えた。このような活動を通して、生徒は自らの学習状況を把握し、自分の学習を試行錯誤したり調整したりしながら学ぼうとする主体的に学びに向かう態度を育むとともに、粘り強い取組の中で科学概念を獲得していくことができると考えた。

3 授業実践の内容

(1) 単元 中学2年「化学変化と物質の質量」

(2) 指導計画

- 銅と酸素は4：1の質量比で化合するのか（2時間） 「とらえる」授業実践1
- 銅を十分に酸化させるためにはどのような実験を行えばよいのか（2時間） 「あつめる」「まとめる」「よみとる」授業実践2
- マグネシウムと酸素は3：2の質量比で化合するのか（1時間） 「生かす」授業実践3

(3) 統計教育上の指導目標

- 「とらえる」… 銅を加熱し酸化させる実験において、実験後の質量増加が仮説に基づいた予想と大きくかけ離れた結果になってしまったのは、銅を十分に酸化させることができていなかったことが原因であることを捉えさせる。
- 「あつめる」… どのような方法で実験を行えば、銅を十分に酸化させることができるのかを考えさせる。そして、改善した方法で銅の質量や加熱時間などを変えながら実験を行い、結果を集めることができる。
- 「まとめる」… 集めた複数の実験結果をグラフにまとめることができる。
- 「よみとる」… グラフを基に、銅を十分に酸化させるためには、銅を少量にしたり、長い時間加熱したりすることが必要であることを読み取ることができる。
- 「生かす」… マグネシウムを加熱し質量の変化を調べる実験で、銅での実験結果を生かして、十分にマグネシウムを酸化させるために必要な加熱時間や火力などを考え、実験を立案し実施することができる。

(4) 授業実践1

① 本時の目標

銅を加熱し酸化させる実験において、実験後の質量増加が仮説に基づいた予想と大きくかけ離れた結果になってしまったことから、銅を十分に酸化させることができていることを捉えさせる。

② 指導の流れ

はじめに、「銅と酸素がどのような質量比で化合するのか」という問いに対して、既習知識を基に仮説を立てさせる。次に仮説を検証するため、実験結果の予想を立て、実際に銅を加熱し酸化させ質量の変化を計測させる。実験後、予想値と大きくずれた実測値を基に考察を行わせる。その後、振り返り活動を行い、生徒が行った実験方法では、十分に銅を酸化させることができていることに気付かせる。

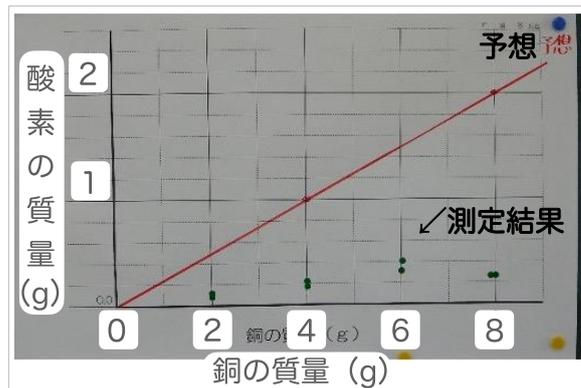
統計的手法	教師の主なはたらきかけ	生徒の主な活動や反応
とらえる	<p>T 銅を十分に加熱したとき、銅と酸素は何：何の質量比で化合するでしょうか。</p> <p>T 4：1の質量比で銅と酸素は化合するというのがみんなの仮説ですね。では、銅を黒色の酸化銅になるまで加熱をして仮説を確かめてみましょう。</p> <p>○ ステンレス皿に銅粉（2g、4g、6g、8g）を量りとらせる。</p> <p>T 自分が担当する質量のとき、何gの酸素が化合するかを仮説を基に考え、加熱後の質量を予想してみてください。</p> <p>T では、実際に加熱をはじめていきまし</p>	<p>S 前習った原子量を使えばどれぐらい質量が増えるのか分かるんじゃない。</p> <p>S 酸化銅はCuOだから、銅原子、酸素原子1個ずつがくっついているんだよね。</p> <p>S 原子量はそれぞれ銅が64、酸素が16だから、4：1でくっつくんじゃないかな。</p> <p>S 6gの銅粉を加熱すると、4分の1の1.5gの酸素とくっついて、7.5gになるはずだ。</p>

よう。予想と同じ結果になれば仮説は正しいと検証できますね。

- 銅粉を加熱する。全体が黒く変化したところで加熱をやめ、冷やしてから電子天秤で質量を測り、前後の質量変化を記録させる。
- グラフ軸の書かれた模造紙を用意し、加熱前後で変化した質量の値の位置にシールを貼らせ、結果を共有する。



【銅粉を加熱する様子】



【実験結果を共有したもの】

と
ら
え
る

T 「銅と酸素は4：1の質量比で化合する」という仮説は正しいでしょうか？

T みなさんの結論は、仮説が間違っているということですね。

- 実験器具などの片付けを行う。

T では、「仮説が間違っている」というのはどうしますか？

S 私たちの班だけじゃなくて、どこの班の結果も予想と全然違う結果になってる。

S みんな同じような結果だから、結果は間違っていないんじゃない？

S 仮説に基づいた結果の予想に比べて、実験結果では、質量が少ないので、仮説は間違っている。

S 先生！これステンレス皿の上の酸化銅の塊をひっくり返すと、まだ黒くなってない部分があるよ！十分に酸化していないんだよ。

S 実験の方法が不十分だったから、まだ仮説が間違っているとは言い切れないと思います。

S 実験の方法を見直して、もう一度やった方がいいよ。

(5) 授業実践2

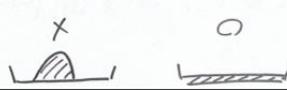
① 本時の目標

授業実践1での実験を振り返り、銅全体を十分に酸化させるためには、どのような方法で実験を行えばよいかを考えさせる。そして、銅の質量や加熱時間などの条件を変え、再び実験を行い、その結果を基に仮説を検証することができる。

② 指導の流れ

前時での実験を振り返り、どのような方法で加熱すれば、銅を十分に酸化させることがで

きるのかを考えさせる。その後実際に考えた条件で銅の加熱を行い、加熱後の質量変化の結果をまとめさせる。そして、銅と酸素が4:1の質量比で化合するという仮説を検証させる。

統計的手法	教師の主なはたらきかけ	生徒の主な活動や反応
あ つ め る	<p>T どのようにすれば銅粉が十分に酸化させることができるでしょう。班で話し合ってみましょう。</p> <p>【生徒が考えた実験方法の主な改善案】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火力を強くする ・加熱時間を長くする ・銅粉を燃焼皿の上でうすくのぼす ・銅粉の質量を少量にする <p>○ 班ごとに立てた実験の改善案を発表させ、一つの実験方法にまとめる。</p> <p>T では、次の実験では、ガスバーナーの空気調節ねじをたくさん開いて、火力を大きくして加熱をしてみましょう。</p> <p>T 加熱時間や質量は具体的に値が決まってないですが、どうしますか？</p> <p>T では加熱時間と質量を変えながら、実験を行って、銅を十分に酸化させて、仮説が正しいかを調べてみましょう。</p> <p>○ 各班で条件を変えながら、銅粉を加熱し、質量の変化を調べた。</p> <p>【実際に実験を行った条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火力を強くする ・加熱時間を長くする (5分、10分、15分、20分) ・銅粉を燃焼皿の上でうすくのぼす ・銅粉の質量を少量にする (0.2g、0.4g、0.6g、0.8g、1.0g) <p>○ ステンレス皿が十分に冷えてから、電子てんびんを用いて、質量を測定させる。</p>	<p>S 前回の結果を見ると、量が多くなるほどくっつく酸素の割合が少なくなってるから、銅の量は少ない方がいいよね。</p> <div data-bbox="868 465 1426 784" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>前回の結果から、<u>表面しか酸化して</u>いなかったから、<u>銅粉をうすくのぼして</u>、<u>加熱時間をのぼす</u>と…… 思った。</p>  </div> <p>【生徒が考えた実験方法の一例】</p> <p>S 班ごとに加熱する時間を変えてやろう</p> <p>S 銅の質量も何が一番良いか分からないから班ごとに調べて調べよう。</p> <p>S 何となくだけど、前回の10分の1ぐらいにしてみようよ。</p> <p>S 火力が強いからすぐに銅の色が変わった。</p> <p>S 暑い。20分加熱するのは大変だ。</p> <p>S おー！予想とほとんど変わらない結果になってる。</p> <p>S おしい！あと0.01gなのに。</p>
ま と め る	<p>T それでは、各班の結果をグラフ軸が書かれた模造紙に貼りに来ててください。</p>	<p>S 前より予想に近づいている！</p> <p>S 加熱時間が長くなるほど、だんだん予想に近づいているね！</p> <p>S 20分加熱すると、ほとんど予想と変わらないよ！仮説は正しいんだ！</p>

<p>まとめる</p>		
<p>よみとる</p>	<p>T この結果から、仮説についてどのように考察をすることができますか。</p>	<p>S 20分加熱した結果だと、仮説に基づいた予想とのずれが少なくなっているから、「銅と酸素は4：1の質量比で化合する」という仮説は正しいと思う。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>今回、前回の実験より多くの時間加熱したことにより、しっかり酸化し、4:1の割合に近づいた。少し数字は違うが、これは誤差だと思うので、銅と酸素は4:1でくっつくのは正しいと思われる。</p> </div> <p>【生徒の記述】</p> <p>S 10分だとやっぱり予想と大きくずれてしまっているから、最低でも20分ぐらい加熱した方がいいってことが分かった。</p>

(6) 授業実践3

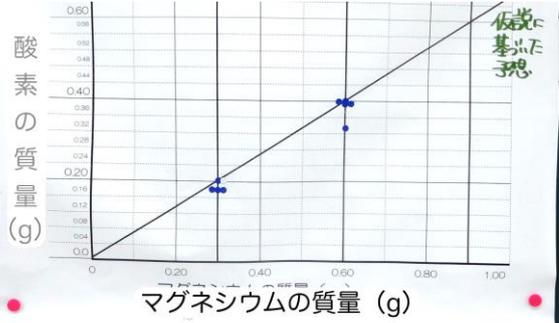
① 本時の目標

マグネシウムを加熱し質量の変化を調べる実験で、銅での実験結果を生かして、十分にマグネシウムを酸化させるために必要な加熱時間や火力などを考え、実験を立案し実施することができる。

② 指導の流れ

マグネシウムと酸素が3：2の質量比で化合するという仮説を検証するために、これまでの銅の実験結果を基に、実験方法を立案する。そして、実験を行い考察を行う。

統計的手法	教師の主なはたらきかけ	生徒の主な活動や反応
<p>生かす</p>	<p>T マグネシウムと酸素は何：何の質量比で化合するでしょうか。</p> <p>T では、「マグネシウムと酸素が3：2の質量比で化合する」という仮説を検証するために実験を行きましょう。</p> <p>T 今回の実験では、加熱時間はどうすればいいと思いますか。</p> <p>T 質量はどうしますか？</p>	<p>S マグネシウムの原子量が24、酸素の原子量が16なので、マグネシウムと酸素は3：2の質量比で化合するんじゃない。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>・マグネシウムの原子量は24、酸素の原子量は16なので、 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ $\quad 48 \quad 32 \quad 80$ 銅と酸素の化学反応式は 銅と酸素は4:1でくっつく。</p> </div> <p>【仮説に関する生徒の記述】</p> <p>S 前回は20分加熱したら十分に酸化させることができたから、今回も20分加熱すればいいと思う。</p> <p>S 銅の質量が1.0gに近づくとみんなの結果がばらついてしまっているから、銅の</p>

	<p>T ではマグネシウムを 0.3g と 0.6g の 2 種類の質量準備して、20 分間加熱しましょう。他に前回の経験を生かして気を付けることありますか？</p> <p>T それでは、実際にマグネシウムを加熱して、3 : 2 の質量比で化合するのかを確かめてみましょう。</p> <p>T 実験結果を模造紙に記録して共有しましょう。</p> <p>T 共有された実験結果から考察をしてみましょう。</p>	<p>質量が多すぎると、中まで十分に酸素が行き届かないのかもしれない。だから 0.5 g ぐらいまでの質量がいいかな。</p> <p>S 計算しやすくするためには、3 の倍数にした方がいいんじゃないかな。</p> <p>S 酸素をくっつきやすくするために、平らに置いた方がいいよね。</p>  <p>【共有された実験結果】</p> <p>S 実験結果から、仮説は正しいと思う。</p>
--	--	--

(7) 考察

授業実践 1 と 2 では、「銅と酸素が 4 : 1 の質量比で化合するのか」という仮説を検証することを目的に、実験に取り組ませた。授業実践 1 での実験では、グラフにまとめられた予想と異なる結果を見ながら、実験方法に不十分な点があったのか、それとも仮説が間違っているのかななどの視点で探究の過程を振り返らせ、実験方法の不十分な点に気付かせることができた。そして、授業実践 2 では銅を十分に酸化させるためにはどのような条件で加熱を行えばよいかを考えさせ、試行錯誤しながら実験方法を立案し仮説の検証に取り組ませることができた。生徒の感想の中には「最初の実験では、他の班の裏返した銅がまだ茶色いを見て、一度実験しただけで正しい、正しくないとすぐに判断せずに一度疑ってみることが大切だと思いました」や「今回失敗から方法を考えて直して、仮説が正しいと明らかにできたときにはとても気分がよかった」などの記述が見られ、多くの生徒が仮説を検証するという課題に向けて粘り強く取り組むことができ、その重要性を実感したと考えられる。さらに、授業実践 3 のマグネシウムの酸化実験では、銅の酸化実験で分析、解釈したことを根拠として、適切な実験方法を立案し、仮説を検証することができた。

これらのことから、本実践では探究の過程を振り返る活動や解決する方法を立案する活動を通して、科学的な探究に必要な資質・能力の育成だけでなく、探究に粘り強く取り組み、仮説を明らかにしようとする「主体的に学びに向かう態度」を育成することもできたと考えられる。

4 研究のまとめと今後の課題

今回の授業実践で、生徒から「みんな同じ結果だから正しい」と言った発言が多く聞かれた。しかし、授業実践 1 の実験結果は、全員が同じような結果になったものの、正しい結果とは言えなかった。探究の過程を振り返る活動を行ったことで、生徒は実験結果を正しく評価をし、仮説を明らかにすることができた。今後も振り返り活動を通して、実験結果を正しく評価する態度を育成したいと考えている。しかし、実験結果の共有や振り返りを授業時間内で行うには、時間が足りないと感じた。今後は短時間で振り返りを行えるように ICT 機器の活用などを考えたい。