

要 旨

本研究は、理科学習において、科学的な見方や考え方を育成するための指導方法を研究したものである。科学的な見方や考え方は、実証性、再現性、客観性などの条件を満たしたものであり、問題解決の活動によって習得する方法や手続きと、その方法や手続きによって得られた結果及び概念である。普段の授業で生徒は、実験の目的を余り意識せず、また、課題に対して仮説があいまいなまま実験を行うことが多く、うまく考察やまとめを行わずにいる。そこで、課題の仮説を自分で考えさせ、思考と表現を交流活動で深めさせ、実験を行わせた。その結果、生徒は仮説を基に実験結果を予想できるようになった。また、仮説と関係付けた考察やまとめもできるようになった。

キーワード 仮説 思考と表現 交流活動 科学的な考え方

1 研究の目標

仮説をもたせ、思考と表現を交流活動で深めさせた後、実験を行わせることで、科学的な考え方を育てる指導の在り方を探る。

2 目標設定の理由

平成17年度佐賀県小・中学校学習状況調査報告書によると、「観察や実験をすることは好きですか」の問いに8割以上の中学1，2年生の生徒は「好き」又は「どちらかと言えば好き」と答えている。また、教師も「理科の授業で、実験を積極的に取り入れた授業を行っていますか」の問いに97.0%が「行っている方だ」「どちらかと言えば行っている方だ」と答え、観察・実験をよく行っていることが分かる。しかし、観察・実験を行わせてもうまく生徒を考察まで導くことができないと感じている教師は多い。そこで、自分の仮説を十分にもたせ、主体的に実験を行わせることにより、うまく考察を導かせるといった過程を通して、科学的な考え方を育てることが必要であると考えた。

理科学習における科学的な考え方とは、観察・実験などによって、仮説を検証できる実証性、同じ条件下では必ず同じ結果が得られる再現性、多くの人々によって承認される客観性などの条件を満たした考え方である。生徒たちは、授業で新しい事実や自然の事物・現象に出会ったとき、初めは既にもっている知識や経験などの素朴な考えだけでとらえようとする。そのため、生徒が最初にもった仮説は、あいまいで実証することが難しいものも少なくない。そこで、実証させるのに必要な仮説をしっかりとらせるため、「最初に自分の考えをもつ力」と「自分の考えを深めたり、修正したりする力」を育て、さらに、他の生徒の実験結果や再度演示実験の結果を確認させることで「自分の最初の仮説や他の仮説と実証された結果とを比較し、新しい考えを導き出す力」(再現性と客観性)を育てたいと考えた。具体的には、既習事項と学習内容を結び付けさせたり、友達の考えと自分の考えを結び付けさせたりしながら自分の考えをもたせる(思考)。次に、もち得た考えを整理・確認させながら、図、文章、モデルなど様々な形で発信させる(表現)。これらの「思考と表現」のサイクルを繰り返させることで、最終的に自分の考えを確立させるとともに、自分の考え(仮説)をもたせて実験を行わせ、仮説を基に考察させることで、科学的な考え方を育てたいと考え、本目標を設定した。

3 研究の仮説

思考させるときに必要な情報の提示方法や交流活動のグループ形態を工夫し、自分の仮説をもたせれば、仮説を基に実験結果を予想させることができるであろう。また、仮説と実験結果を比較させ、仮説と関係付けた考察をさせれば、科学的な考え方を育てることができるであろう。

4 研究の内容と方法

- (1) 思考力，表現力について，文献や資料を基に理論研究を行う。
- (2) 第2学年，単元「化学変化と物質の質量」(2時間)，第1学年，単元「気体の性質」(2時間)で授業実践を行い，仮説を検証する。
- (3) 研究の成果と課題をまとめる。

5 研究の実際

(1) 本研究における思考

理科の学習では，科学的に探究するプロセスとして図1のように，課題確認，仮説，実験，考察，結論，振り返りと授業を進める。板倉聖宣は，「自らの予想，仮説をもって対象に問いかけてその答をひきだしたときにのみ科学的認識が成立する」⁽¹⁾と述べている。科学的な考え方を育成するために，早い段階で自分の考えをもたせることが大切と考え，探究のプロセスの中の特に仮説を立てさせる部分が非常に重要なポイントであるとして研究を行った。

(2) 研究の全体構想

図1の課題確認の場面で最初に自分の考えをもたせる。次に，その考えを2つの交流活動で深めさせ，仮説を立てさせる。さらに，実験を行わせ，実験結果と仮説を関係付け，考察させることで，新しい考えを導き出させる。

ア 最初に自分の考えをもつ場面

自分の考えをもたせるために必要な情報を獲得させるための演示実験を行う。演示実験や既習事項と課題を関係付けさせて仮説を考えさせるようにする(図2の検証 参照)。

イ 自分の仮説を深めたり修正したりする場面

課題を確認させ，自分の考えをもたせた後，同じような仮説をもった生徒同士の小グループの交流で，自分の仮説をより強固なものにさせる(図2の検証 参照)。

その後，様々な仮説をもった生徒同士の小グループの交流で，自分の仮説を発表させる。これらの交流活動で，多様な考え方を知らせ，それらと自分の仮説を比較させることで，自分の仮説

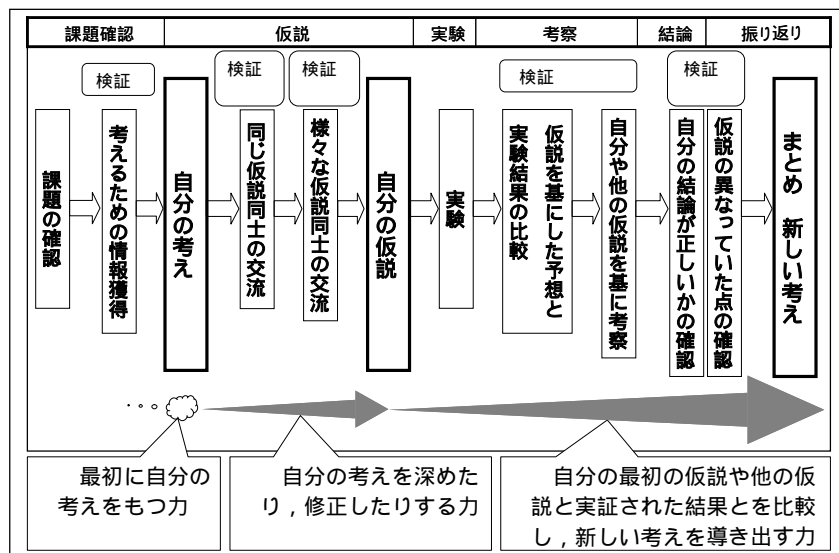


図1 授業の流れ

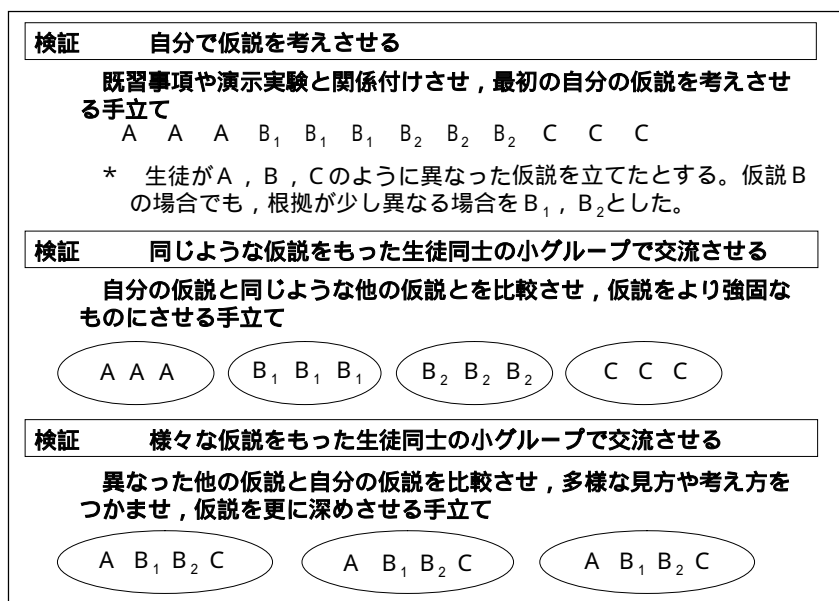


図2 交流活動のグループ編成の例

が妥当なものであるか検討させる（前頁図2の検証 参照）。

ウ 自分の新しい考えを導き出す場面

実験後、仮説を基にした実験結果の予想と実験結果を比較させ、自分や他の仮説と実験結果を関係付けて考察を行わせる（前頁図1の検証 参照）。

導入で行った演示実験をもう一度行い、自分の導き出した結論が正しいかどうかを確認させる。また、検証 の考察をさせるとき、自分の仮説を基にした実験結果の予想と実験結果が違っていれば、実験前に立てた自分の仮説の異なっていた点を見付けさせる。

(3) 授業の実際（第1学年 単元名「気体の性質」）

| | 学習活動 | 生徒の考えとその根拠 | 教師の手立て | | | | | | |
|---|---|--|---------|----------|----------|-------|--------|----|--|
| 自分の考えをもつ | <p>課題「二酸化炭素は水に溶けるだろうか。」を確認し、最初の自分の仮説を考える。</p>  <p>水の中で二酸化炭素の泡が出てる。</p> | <p>課題の仮説</p> <table border="1"> <tr> <td>A よく溶ける</td> <td>14人</td> </tr> <tr> <td>B 少し溶ける</td> <td>16人</td> </tr> <tr> <td>C 溶けない</td> <td>3人</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> 試験管の中に水が入ってきたので、二酸化炭素は水によく溶けるはず。 試験管の中の水位は上昇したが、水槽に気体の泡が出てきているので、二酸化炭素は水に少し溶けると思う。 水槽に気体の泡が出てきているので、二酸化炭素は水に溶けないよ。 | A よく溶ける | 14人 | B 少し溶ける | 16人 | C 溶けない | 3人 | <p>【検証】</p> <p>自分の考えをもたせるための演示実験をする。演示実験や既習事項と課題を関係付けさせて仮説を考えさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素を水上置換法で集め、性質を調べる演示実験をさせることで、課題に対する自分なりの仮説をもたせる。 |
| | A よく溶ける | 14人 | | | | | | | |
| B 少し溶ける | 16人 | | | | | | | | |
| C 溶けない | 3人 | | | | | | | | |
| 自分の考えを深めたり修正したりする | <p>実験方法を確認し、仮説を基に実験結果を予想する。</p> <p>実験「ペットボトル容器に二酸化炭素と水を入れて激しく振り、容器の変化を調べる。」</p> | <p>実験結果の予想</p> <table border="1"> <tr> <td>A つぶれる</td> <td>15人</td> </tr> <tr> <td>B 少しつぶれる</td> <td>15人</td> </tr> <tr> <td>C 膨らむ</td> <td>3人</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素は水によく溶けるから、容器はつぶれると思う。 二酸化炭素は、水に少し溶けるから、容器は少しつぶれる。 二酸化炭素は水に溶けない。炭酸水を振ったら膨張するから容器は膨らむはず。 | A つぶれる | 15人 | B 少しつぶれる | 15人 | C 膨らむ | 3人 | <p>【検証 の】</p> <p>同じような仮説をもった生徒同士の小グループの交流活動で、自分の仮説をより強固なものにさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 同じような仮説をもった生徒同士の小グループを編成し、画用紙を使い、交流させる。その後、自分の仮説を検討させ、追加や変更をさせる。 |
| | A つぶれる | 15人 | | | | | | | |
| B 少しつぶれる | 15人 | | | | | | | | |
| C 膨らむ | 3人 | | | | | | | | |
| <p>同じような仮説をもった生徒同士の小グループで交流し、仮説をより強固なものにする。</p>  <p>試験管に水が入ってきたので、二酸化炭素は水によく溶ける。だから、容器はつぶれるよね。</p> | <p>実験結果の予想</p> <table border="1"> <tr> <td>A つぶれる</td> <td>14人</td> </tr> <tr> <td>B 少しつぶれる</td> <td>16人</td> </tr> <tr> <td>C 膨らむ</td> <td>3人</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> 試験管の中の水位は上がったよ。だから、容器の中の二酸化炭素は水によく溶けて、容器はつぶれるよね。 試験管の中の水位は確かに上がったけど、水槽に気体の泡が出てきたから全部は溶けないと思う。少しつぶれる。 二酸化炭素が溶けた水は、炭酸水だから、激しく振ったら膨らむはずだ。 | A つぶれる | 14人 | B 少しつぶれる | 16人 | C 膨らむ | 3人 | | |
| A つぶれる | 14人 | | | | | | | | |
| B 少しつぶれる | 16人 | | | | | | | | |
| C 膨らむ | 3人 | | | | | | | | |

様々な仮説をもった生徒同士の小グループで交流し、仮説を深める。



私は、容器が少しくぶれると思います。その理由は…。

実験を行う。



自分の実験結果の予想と実験結果を比較する。

もう一度最初と同じ演示実験を見て、考察を確認する。

あっ、試験管の一番上まで水は上がっていない。



自分の新しい考えを導き出す

| | | |
|---------|----------|-----|
| 実験結果の予想 | A つぶれる | 8人 |
| | B 少しつぶれる | 25人 |
| | C 膨らむ | 0人 |

- ・ 試験管の中の水位は最上部までは上がっていないよ。それに、水槽に気体の泡が現れているから、二酸化炭素は水に全部は溶けないはず。だから、容器は少しくぶれると思う。
- ・ 炭酸水を振ったときは、中に溶けていた二酸化炭素が出て容器が膨らむわけだから、二酸化炭素はもともと水に溶けていたのか。そうすると、この実験では、二酸化炭素が水に溶けるから容器はつぶれるわけだ。

- ・ さんの仮説を基に考えると、二酸化炭素は水に少し溶ける。その理由は、容器が少しくぶれたからだ。

- ・ 水位が上昇したことだけで二酸化炭素が水によく溶けると仮説を立てたが、水上置換法で集めるときに二酸化炭素の泡が水に溶けていないことを見落としていた。
- ・ 二酸化炭素は水に少し溶けるということが分かった。もう一度、初めの二酸化炭素を集める実験を見ると、確かに試験管の一番上まで水は上がっていない。なるほどと納得した。
- ・ なぜ「つぶれる」という私の予想と実験結果が違ったかということ、試験管の中の水位が上昇したことは分かっていたが、水が最上部まで上がっていなかったことには気付かず、二酸化炭素は水によく溶けると仮説を立てたからだ。

【検証の】

様々な仮説をもった生徒同士の小グループの交流活動で、自分の仮説を発表させる。多様な見方や考え方をつかませ、自分の仮説が妥当なものであるか検討させる。

- ・ 様々な仮説をもった生徒同士の小グループを編成し、それぞれに自分の考えを発表させ、交流させる。様々な他の仮説と自分の仮説を比較させ、多様な見方や考え方をつかませるとともに、仮説とそれに対する自信を深めさせる。
- ・ グループごとにペットボトル容器に二酸化炭素と水を入れて激しく振り、容器の変化を調べる実験を行わせ、仮説を検証させる。

【検証の】

自分や他の仮説と実験結果を関係付けて考察を行わせる。

- ・ 実験結果を自分の仮説を基にした実験結果の予想と比較させる。違っていた場合は、一致した友達の名前を書かせ、その人の仮説を基に考察させる。

【検証の】

自分の導き出した結論が正しいかどうかを確認させる。自分の仮説と実験結果が違っていれば、実験前に立てた自分の仮説の異なっていた点を見付けさせる。

- ・ 再び二酸化炭素を水上置換法で集め、性質を調べる演示実験を見せることで、二酸化炭素が水に少し溶けることを確認させる。
- ・ 仮説の異なっていた点をワークシートに記入させる。

(4) 授業の考察

ア 最初に自分の考えをもつ場面

生徒が考えるための情報を、二酸化炭素の捕集の演示実験で獲得させてみた。すると、ある生徒は、二酸化炭素の泡が水面に出てきたことに着目し、それを根拠として二酸化炭素は水に溶けないという仮説を考えた。また、別の生徒は、水と二酸化炭素が入った試験管を激しく振り、水槽に戻した後、試験管の中の水位が上昇したことに着目し、それを根拠として二酸化炭素は水によく溶けるといふ仮説を考えた。さらに、水位が一番上に達しないことに気付き、それを根拠に二酸化炭素は水に少し溶けるといふ仮説を考えることができた生徒もいた。生徒に、これらの仮説を基に、実験結果の予想とその根拠を考えさせた。二酸化炭素は水に溶けないと考えた生徒の中には、炭酸水を振ったときと同じだから、体積が大きくなり容器が膨らむと予想した生徒もいた。これらは、生徒が演示実験や既習事項と課題を関係付けて考えた結果によるものと言える。

イ 自分の仮説を深めたり修正したりする場面

自分のもった仮説をより強固にさせるために、同じような仮説をもった生徒同士で交流させた。このとき、「つぶれる」と実験結果の予想を考えた生徒の中には、二酸化炭素が水に溶けて試験管の中の水位が上昇したことを根拠に話し合いを進めた生徒がいた。「少しつぶれる」と予想した生徒の中には、試験管の中の水位が上昇したが、最上部までは達していないことと水槽の中に二酸化炭素の泡が現れることにより、二酸化炭素が全部溶けたのではないことを根拠に話し合いを進めた生徒がいた。また、「膨らむ」と予想した生徒は、炭酸水を振ったときの経験を根拠に話し合いを進め、自分の考えを互いの知識と関係付けて考えを深め、自信をもった。

表1 生徒の考えの変容

| 初めの考え | | |
|---------------------|--------|-----|
| A | B | C |
| つぶれる | 少しつぶれる | 膨らむ |
| 15人 | 15人 | 3人 |
| 同じような仮説をもった生徒同士の交流後 | | |
| A | B | C |
| つぶれる | 少しつぶれる | 膨らむ |
| 14人 | 16人 | 3人 |
| 様々な仮説をもった生徒同士の交流後 | | |
| A | B | C |
| つぶれる | 少しつぶれる | 膨らむ |
| 8人 | 25人 | 0人 |

次に、多様な考え方を知らせ、また、自分の仮説を更に深めさせるために、様々な仮説をもった生徒同士で交流させた。このとき、「つぶれる」と予想した生徒が7人、「膨らむ」と予想した生徒全員が「少しつぶれる」へ予想を変更した(表1参照)。交流活動により、水槽中に二酸化炭素の泡が出てきて消えないことや試験管の中の水位が最上部までは上がっていないことに気付いたからである。これは、交流活動により、自分が見落としていた演示実験の着眼点と課題との関係を付けることができたためであると考えられる。

ウ 自分の新しい考えを導き出す場面

考察を自分で行わせるために、実験結果と自分の仮説を基にした実験結果の予想を比較させた。違っている場合は、様々な仮説同士の交流活動での他の生徒の仮説を基にした実験結果の予想と比較させた。実験結果と仮説を基にした実験結果の予想が同じであった生徒の名前を書くことができた生徒は30人であった。そのうち、他の生徒の仮説を基に考察できた生徒は28人であった。自分の導き出した結論が正しかったかどうかを確認させるため、また、自分の仮説と実験結果のどこが異なる点であるのかを考えさせるために、最初に行った演示実験をもう一度行った。二酸化炭素は水に少し溶けると結論を導き出していたある生徒は、この実験で試験管の水位の上昇位置を確認することで、その結論が正しかったことを再確認した。試験管の中の水位が上昇することを根拠に、二酸化炭素は水によく溶けると仮説を立てた生徒の一人は、水位の上昇が最上部まで達していなかったことを見落としていたことに気付いた。どこが異なる点であるのかをワークシートに記入できた生徒は29人であり、ほとんどの生徒が実験結果と自分の仮説とを関係付けて考察ができたと言える。

エ 生徒Aの変容

生徒Aは、事前調査で「難しそうだから、実験の前に仮説を立てない。自分の意見は間違っていそうだから話し合いのときに意見が言えない。」と答え、実験に余り積極的でない生徒である。課題に対する仮説は、「二酸化炭素は水に溶ける。その理由は、振った後にゴム栓を水中で開けたとき、水の部分が上に行ったから。」であった。また、実験結果の予想とその根拠は、「つぶれる。二酸化炭素が水に溶けて中の圧力が下がり、外の空気によって押されるから。」と書いている。

同じような仮説をもった生徒同士の交流活動により、容器がつぶれることには間違いはないが、試験管の中の水位が最上部に達していないことに気づき、二酸化炭素が全部溶けることはないの、「少ずつぶれる。」に予想を変更した。様々な仮説をもった生徒同士の交流活動で、「少ずつぶれる。」と実験結果の予想をした友達が、試験管の中の水が最上部まで達していないことを根拠にしていたことで、自分の考えを確信し、実験結果の予想を最終的に「少ずつぶれる。」に決定した。

実験後の考察で、「二酸化炭素は少し水に溶ける。その理由は、ペットボトルが少ずつぶれたから。」と書いている。また、自分の仮説を基にした実験結果の予想と実験結果がなぜ違ったのかを「試験管を振った後にゴム栓を水中で開けたとき、水の部分が上に行ったけど、全部水が上がっていなかったことに気付いていなかった。」と書いている。

事後のアンケートでは、「実験をする前に仮説を立てることが楽しかった。」と答えている。自分の考え（仮説）をもたせて実験を行わせ、仮説を基に実験結果の考察をさせることで、自然現象の仕組みを解明する楽しみを自覚させることができたと言える。

6 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

課題についての仮説を立てさせる前に、考えるのに必要な情報を演示実験によって獲得させた。そのことで、自分なりの根拠をもって最初の仮説を考えさせることができた。仮説を立てさせる場面において、考えをもたせるための情報の提示や交流活動のグループ形態を工夫し、自分の仮説をもたせ、深めさせたことによって、生徒は仮説を基に実験結果を予想できるようになった。考察をさせる場面においては、自分や他の生徒の仮説を基にした実験結果の予想と実験結果を比較させたことによって、実験結果と仮説を関係付けた考察を自ら行えるようになった。また、導入で行った演示実験をもう一度行い、自分が導き出した結論が正しかったことを確認できたため、結論に確信がもてるようになった。さらに、仮説を基にした実験結果の予想と実験結果が違っていった場合、自分の仮説の異なっていた点を見付けることができるようになった。

(2) 今後の課題

仮説を立てさせる場面で、考えさせるための課題設定が適切でなかったり、考えをもたせるための材料を過度に示したりすることによって、生徒が自ら考える機会を損なってしまう恐れがある。科学的思考力を育てるのに効果的な課題設定の在り方、提示する材料の量について探っていきたい。

《引用文献》

- (1) 板倉 聖宣・上廻 昭編著 『仮説実験授業入門』 1970年 明治図書出版 p.28

《参考文献》

- ・ 文部省 『小学校学習指導要領解説 理科編』 1999年 東洋館出版社