

要 旨

知識はあっても、それを使って考えたり、生かしたりすることを苦手としている生徒が数多く見られる。そこで、本研究では、科学的思考力を「知識を関連付けて考える力」と定義し、この力を高めることを目標とした。観察、実験後の活動に焦点を当て、実験結果から得られた知識を使って、導入での体験活動について説明させたり、獲得した知識と既存の知識を使って他の自然事象について説明させたりした。その結果、多くの生徒が、既存の知識や新しく獲得した知識を相互に関連させて思考することができ、学習内容に対する理解も深めることができた。

〈キーワード〉 ①科学的思考力 ②知識の活用 ③体験活動 ④既存の知識
⑤日常生活と結び付ける

1 研究の目標

観察、実験後の活動において、導入での体験活動を意識して思考させることにより、知識を関連付けて考える力をはぐくむ指導の在り方を探る。

2 目標設定の理由

文部科学省はTIMSS2003の結果を受けて、「生徒のもっている学習経験を十分に把握し、その学習経験とのつながりを指導に生かしていくとともに、理科の学習と日常生活との関連を明確に意識した指導や野外観察などの実際に自然を体験させ実感させる指導をさらに充実していく必要がある。」¹⁾と述べている。

そうした中、本校2年生の生徒の実態を見ると、例えば電流の学習において、ソケットなしの豆電球と導線1本、乾電池だけを使って豆電球に明かりを付けるという小学生で学習した内容で答えられる課題に対して、すぐに明かりを付けることができた生徒は34人中4人であった。さらに、電流計の端子のプラスチック部分に導線をつなぎ、実験がうまくいかないと悩む生徒の姿も多々見られた。このことから、知識はあっても、それを使って考えたり、生かしたりすることができない。すなわち知識を活用して考えることが苦手な生徒が多いことが分かる。

また、日常生活の中の電気器具などもスイッチを押すだけで動くものが多くなった。そのために、コンセントの修理や電気工作なども行ったことのない生徒が増えており、日常生活を含めた自然体験不足が問題となっている。今後、自然体験やこれまでの学習経験などとのつながりを重視した学習を通して、知識を活用して考える力を育成することが重要だと考えられる。

グループ研究では、科学的思考力を「知識を活用して考える力」と定義したが、本研究では、更にこの力を「知識を関連付けて考える力」ととらえた。導入段階で体験活動を取り入れて、体験活動で得た知識や既存の知識と観察、実験の結果を関連付けた考察をさせる。さらに、そこで獲得させた知識を基にして自然事象について考えさせたり、説明させたりする活動を行わせる。そうすることで、様々な知識を関連付けて考える力をはぐくみたいと考え、本目標を設定した。

3 研究の仮説

考察、まとめの段階において、観察、実験の結果や既存の知識、獲得した知識を体験活動や日常生活と関連付けて思考させたり、説明させたりすることで、様々な知識を関連付けて考える力を高めることができるであろう。

4 研究の内容と方法

- (1) 科学的思考力を高める理科学習指導について、文献や資料を基に理論研究を行う。
- (2) 検証授業の事前、事後に、質問紙法を用いて、生徒の知識を活用する力や意識についての実態調査を行い、その結果を分析、考察する。
- (3) 仮説に基づいて指導案を作成し、所属校の2年生「物質のなりたち」「化学変化と分子・原子」の単元で検証授業を行い、仮説の有効性を考察し、研究のまとめを行う。

5 研究の実際

(1) 文献による理論研究

PISA型の読解力や科学的リテラシーの定義を受けて、中山迅は「科学的知識を用いて、観察や実験から得られた結果を吟味し、考察して、結論を導き出すことが重要である」²⁾とし、更に「結論は、焦点化された疑問、問い、問題がなければ導くことができない。したがって、私たちが児童、生徒に観察・実験の結果を証拠として結論を導く力を付けようとするとき、疑問を焦点化し、科学的な方法で解決可能問題を設定する力も同時に育成しなければならない」³⁾と述べている。

これらのことから、導入での体験活動をその後の観察、実験や考察、まとめ、発展・補足的な学習と関連付けさせて、思考させるという学習は、疑問を焦点化させて問題意識をもたせる点や獲得した知識を用いて考えさせるという点で有効であると考えられる。

(2) 研究の全体構想

図1のように、単元又は授業の導入で体験活動を取り入れ、体験活動で獲得した知識や既存の知識を使って、その後の活動に取り組ませる。この体験活動は、課題について予想の根拠となる知識を獲得させることができるものや、実験の目的意識をもたせることができるもの、日常生活とのつながりを意識させることができるものに行うことが大切であると考えられる。

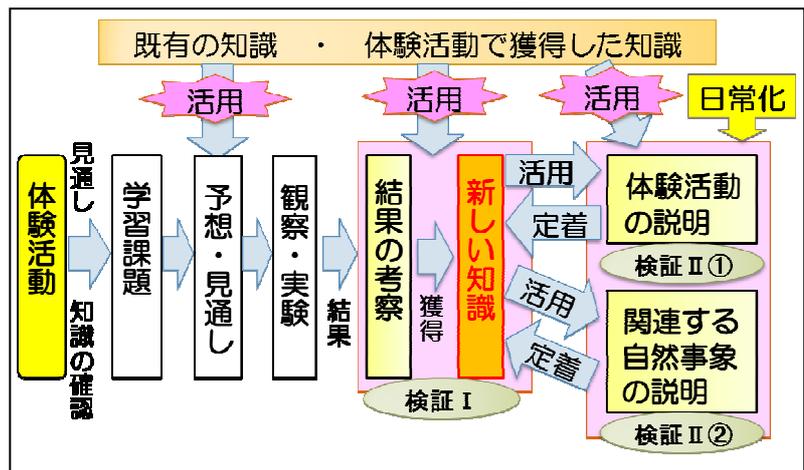


図1 授業の流れ

まず、実験結果を既存の知識と結び付けて考察させることで、新しい知識を獲得させることができる（検証I）。そして、そこで得られた知識を使って、導入での体験活動について説明させたり（検証II①）、獲得した知識と既存の知識を使って他の自然事象について説明させたり（検証II②）することで、既存の知識や新しく獲得した知識を相互に関連付けさせて思考させることができる。繰り返し思考させることにより、新しい知識を活用することができる力を育成できるだけでなく、新しい知識をより定着させることができるものと考えられる。

(3) 授業の実際

ア 単元 第2学年 「化学変化と物質の質量」（全11時間 本時5・6／11時間）

イ 本時の目標

- ・ 化学変化に伴う質量の変化の実験結果から、反応の前後では物質の質量の総和が等しいことを見いだすことができる。（科学的な思考）
- ・ 質量保存の法則についての知識を身に付け、化学変化時の質量変化を物質の出入りで説明することができる。（自然事象についての知識・理解）

ウ 授業記録 (5/11時間)

学習の様子と主な教師の手立て	
つ か む	<p>1 体験活動をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ マグネシウムを燃やす。→重たくなる。 ○ 塩酸とマグネシウムを反応させる。→軽くなる。 <p>鉄と同じで空気中の酸素と結び付くからじゃないかな。</p> <p>出てきた気体は水素だと1年生で習ったよ。 水素が出ていった分、軽くなったんじゃないか。</p>
	<p>2 学習課題を知る。</p> <p>物質の出入りが無いとき、化学変化の前と後で、全体の質量はどうなるだろうか？</p>
	<p>3 課題に対する仮説を立てる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 塩酸とマグネシウムの実験では水素が発生し、空気中に出て行くことを確認させる。次に、「水素が容器の外に出ていかないようにふたをするとどうなるか」について仮説を立てさせる。 ○ 生徒の仮説 <p>物質の出入りがなければ、化学変化の前と後で、全体の質量は</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 変わらないのではないだろうか。・・・23人 (72%) ・ 大きくなるのではないだろうか。・・・9人 (28%) ・ 小さくなるのではないだろうか。・・・0人 (0%) <p>物質の出入りが無いとき、化学変化の前と後で、全体の質量は重くなる。</p> <p>生徒のワークシート①</p>
調 べ る	<p>4 実験結果を予想する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 課題を解決するための実験方法を確認させる。(炭酸水素ナトリウムと塩酸を閉鎖した容器の中で反応させ、反応前後の質量を比較する。) ○ 容器の中で化学変化が起こり、二酸化炭素と水と塩化ナトリウムが生成されることを確認させる。 ○ 実験結果を予想させる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 3択で予想させた結果は、 <ul style="list-style-type: none"> 変わらない: 20人 (63%) 重たくなる: 11人 (34%) 軽くなる: 1人 (3%) ○ 同じ予想をした生徒3~4人でグループを作らせ、予想した理由を話し合わせる。 ○ 各グループで話し合っ出て出した結論を紙にまとめさせる。 ○ 各グループの考えを全体に紹介させる。 <p>仮説では変わらないと書いたけど、重たくなるような気がしてきたよ。 二酸化炭素が発生するが、逃げていけないので質量は変わらないと思う。 別の物質ができるから、その分重たくなると思う。 液体が気体になるから軽くなると思う。</p>
	<p>5 実験を行う。</p> <p>変化なし 65.3g → 65.3g</p> <p>気づき...泡みたいなのがあり、炭酸みたくだった。予想が当たっていた。</p> <p>各グループの発表</p> <p>生徒のワークシート②</p>
考 え る	<p>6 情報(知識)を整理する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 実験の結果、質量が変わらないことを確認する。 ○ 質量が変わらない理由を考えさせ、ワークシートに記入させる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 32人中31人がおおむね満足できる説明を記入することができた。 <p>やっぱり質量は変化しないぞ。 あの班の考えが参考になるな。 たぶんこうだと思うけど、はっきり分からないな。</p>
	<p>7 結果を考察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 質量が変わらない理由を、原子モデルを使って考えさせ、分かったことや気付いたことを書き加えさせる。 ○ 班で話し合いながらモデルを操作させ、化学変化について考えさせる。 <p>【検証I】 既習の知識(原子の性質)を使って、実験結果を考察できているか。</p> <p>A: 化学変化は原子の組み合わせが変わっただけなので、物質の出入りがなければ、質量は変わらないことを説明することができる。</p> <p>B: 化学変化によって生成した物質が外に出なければ、質量は変わらないことを説明することができる。</p> <p>(支援) ヒントカードを用意し、考えやすくする。</p> <p>原子の集まり方が変わっただけで、数や種類は変わってないぞ。</p> <p>原子モデルの操作</p> <p>○ 検証の結果 A: 28人 (88%), B: 3人 (9%), 無記入1人 (3%) 多くの生徒が、粒子概念を用いた考えを説明に書き加えることができた。</p>
	<p>8 まとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 実験結果を考察した結果分かったことを発表させる。 ○ 質量保存の法則についてまとめる。 <p>化学変化の前と後で、全体の質量は変化しない。</p>

ま と め る	<p>9 体験活動を説明する。</p> <p>○ 塩酸とマグネシウムを反応させると軽くなる理由を考えさせ、説明させる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【検証Ⅱ①】 獲得した知識を使って、導入での体験について説明することができるか。</p> <p>A： マグネシウムを塩酸に入れたときに生成される物質を考え、空気中に出て行った水素の分だけ軽くなることを説明することができる。</p> <p>B： マグネシウムを塩酸に入ると、発生した気体の分だけ質量が減ることを、説明することができる。</p> <p>〈支援〉 反応によって生成される物質を確認させ、炭酸水素ナトリウムと同様に考えさせる。</p> </div> <p>○ 検証の結果、A：18人（56%）、B：13人（41%）、説明できていない：1人（3%）ほとんどの生徒が、体験活動での事象について説明することができた。</p> <p>10 本時の学習を振り返る。</p> <p>○ 本時の授業を振り返り、自己評価させる。</p> <p>32人中29人（91%）の生徒が「実験結果の考察をすることができた。」「知識を使って考えることができた。」と答え、自分の活動に満足できていた。1人満足できておらず、2人が無記入だった。</p>
------------------	--

エ 授業記録（6／11時間）

学 習 の 様 子 と 主 な 教 師 の 手 立 て	
つ か む	<p>1 前時の学習を振り返る。</p> <p>○ 質量保存の法則について復習し、本時はこの知識を使って考えていくことを確認する。</p> <p>2 体験活動をする。</p> <p>○ 紙を燃焼させ、前後での質量の変化を見る。 → 灰が残り、質量は減少する。</p> <p>3 学習課題を知る。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <p>紙を燃やすと、なぜ質量が減るのだろうか。</p> </div> <p>4 結論を予想する。</p> <p>○ 個人で考えさせ、ワークシートに記入させる。</p> <p>○ 数名に予想を発表させ、つまづいている生徒へのヒントとなるようにする。</p> <p>○ 34人中33人が、発生した気体が空気中に出ていくために、質量が減少することを予想することができた。</p>
調 べ る ／ 考 え る	<p>5 原子モデルで考える。</p> <p>○ 紙は炭素と水素と酸素が集まってできていることを知らせる。</p> <p>○ 個人で原子モデルを操作させ、紙と酸素が化合する化学変化で生成されるものを考えさせる。</p> <p>○ 考えたことをワークシートに記入させる。</p> <p>○ 考えたことを発表させる。</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <p>・ 二酸化炭素ができることは小学校で勉強したよ。</p> <p>・ モデルだと二酸化炭素と水と炭素ができる。</p> <p>・ 紙から水が出てくるなんて信じられないな・・・。</p> </div> <p>6 実験で確かめる。</p> <p>○ 紙を燃焼させ、石灰水を使って二酸化炭素が生成されたことを、炎の上にかざしたビーカーが白く曇ることで水が生成されたことを確認させる。</p> <p>○ 生成された二酸化炭素や水（水蒸気）が空気中に出て行くことを確認させる。</p> <p>7 結論を説明する。</p> <p>○ 生成される物質を確認し、紙を燃やすと質量が減る理由を考えさせる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【検証Ⅱ②】 獲得した知識を使って、身の回りの事象を説明できるか。</p> <p>A： 紙が燃える場合の化学変化も、原子が組み変わるだけで、原子自体が増えたり減ったりしないことを理由として、質量が小さくなることを説明することができる。</p> <p>B： 紙を燃やすと二酸化炭素と水ができ、空気中に出て行くので、その分の質量が軽くなることを説明することができる。</p> <p>〈支援〉 ワークシートを振り返らせ、前時の学習を想起させる。</p> </div> <p>○ 検証の結果、A：5人（15%）、B：26人（76%）、説明が不十分：1人（3%）、無記入：1人（3%）ほとんどの生徒が、質量保存の法則についての知識を使って、説明することができた。</p>
ま と め る	<p>8 まとめる。</p> <p>○ 実験結果を考察して明らかになったことを発表させ、発表を基にまとめる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <p>化学変化して、二酸化炭素として集まった原子と水として集まり水蒸気になった原子が空気中にけりたから。</p> </div> <p style="text-align: center;">生徒のワークシート③</p> <p>9 本時の学習を振り返る。</p> <p>○ 本時の授業を振り返らせ、自己評価させる。</p> <p>前時とほぼ同様の結果で、90%以上の生徒が自分の活動に満足できていた。</p>

(4) 授業の考察

ア 検証Ⅰ（実験結果を既有的知識と結び付けて考察させる場面）

化学変化の前後で質量は変化しないという現象を確認し、多くの生徒がその理由として、「できた気体が逃げていかないから。」というような説明を行っていた。しかし、この説明は、生徒が現象を基に考えたものであり、原子の性質を基にしたものではなかった。そこで、既有的知識である原子の性質についての知識を実験結果と関連付けて思考させた。関連付けさせる方法として、原子モデルを操作させ、イメージをもたせやすくした。すると、生徒から「原子の集まり方が変わっただけで、数や種類は変わっていない。」等の気づきが出された。そして、32人中28人（88%）が、化学変化の前後で質量が変化しない理由として「原子の種類は変わらず、集まり方が変わっただけだから。」等の原子の性質を基にした説明を書き加えることができた。このことから、結果の考察段階で既有的知識を用いて思考させることは、生徒の理解を深める上で有効であり、特に化学分野では、原子、分子を使って説明させると効果が高いことが分かった。

イ 検証Ⅱ①（導入での体験活動について説明させる場面）

実験結果を考察して獲得した質量保存の法則の知識を使わせ、導入での体験活動である塩酸とマグネシウムの反応について考察させた。その結果、32人中18人（56%）が「水素が生成され、空気中に出ていくので、その分質量が小さくなる。」というように生成される物質に注目して説明をすることができた。13人（41%）が生成される物質には触れていないものの、化学変化時の質量変化を物質の出入りで説明することができた。残りの1人は「化学式で表すと成分が同じ」と記入しており、文字として表現することが苦手なだけで、原子の性質を基に考えていることが分かる。このことから、全員が、導入で体験した事象について、獲得した知識を関連付けて考えることができたと考えられる。

また、授業後の自己評価で、97%の生徒が知識を使って考えることができたと答えた。このことから、生徒に、「できた」「分かった」という感想をもたせることができたと思われる。

このような場面を設定したことは、生徒に思考のトレーニングをさせることができただけでなく、分かったことによる満足感や自信を与えることができたという点でも効果があったといえる。

ウ 検証Ⅱ②（関連する他の自然事象について説明させる場面）

関連する自然事象として「紙の燃焼」を取り上げ、燃焼後に質量が減少する理由を考えさせた。生徒は、原子モデルを使って二酸化炭素と水と炭素が生成されることを予想したが、紙から水ができるということに半信半疑の様子だった。その後の実験で水と二酸化炭素と炭素（ここでは、思考の混乱を避けるために、残った灰を炭素と考えてよいことにした）が生成されたことを確認すると、生徒からは驚きの声が上がった。そして、紙を燃焼させると質量が減少する理由について、34人中32人がおおむね満足の行く説明をすることができた。残りの2人についても、後日のテストでは、正しく答えることができた。このことより、全員が質量保存の法則についての知識を関連付けて、紙を燃焼させると質量が減少する理由を理解することができたといえる。

使う知識を確認してから思考させることで、難しい内容であっても、生徒はスムーズに思考することができた。また、日常化においても、身の回りの事象を説明させるだけでなく、実験を行い、モデルを使った考察を行わせることで、生徒の意欲も高まり、より実感の伴った活動にすることができたと考えられる。

エ 生徒の変容

授業実践の前後で生徒にアンケートを取り、意識の変容を調べた。その結果、事前では苦手と感じている生徒が多かった「観察、実験の結

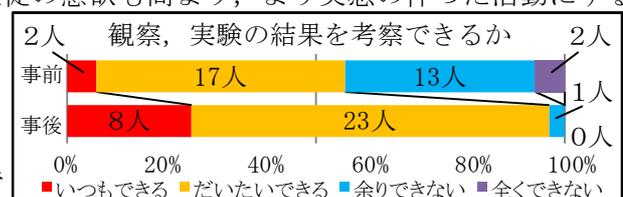


図2 意識調査の結果（考察について）

果を考察できるか」という項目に対して、事後では32人中31人（97%）が「いつもできる」又は「だいたいできる」と答えた（前頁図2）。「知識を活用して考えることができたか」という問に対しては、肯定的に答えた生徒が17人（50%）から31人（97%）に増えた（図3）。さらに、「理科で学習したことは、日常生活で活用されているか」という問いに対しては、肯定的に答えた生徒の増加数はわずかであるが、事前で5人（15%）いた「全く活用されていない」と答えた生徒が、事後には1人もいなくなった。

これらのことから、本研究で、生徒に知識を関連付けて考えさせることができただけでなく、理科の学習と日常生活とのつながりを強く感じさせることができたといえる。

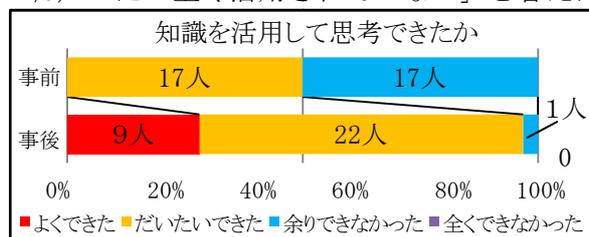


図3 意識調査の結果（知識の活用について）

オ 抽出児の変容

生徒Aは知的な作業をすることが苦手な生徒である。

鉄と酸素の化合を学習した直後に行った、「50gのスチールウールを燃やします。燃やした後、重さはどうなりますか」というテストでは「50gのまま変わらない」と答えている。しかし、今回の授業後の同じテストでは、「50gよりも重くなる」と正しく答えることができた。このことから、生徒Aは、質量保存の法則についての理解が深まり、その知識を使って鉄の酸化という事象について思考することができたといえる。

また、「エ 生徒の変容」で述べた意識調査の結果から、生徒Aは、今回の学習に満足しており、理科の学習が日常生活と関連していることを意識していたことが分かった。

6 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

導入で体験活動を行わせることによって、生徒の意欲・意識を高めさせるだけでなく、思考のための材料となる知識を獲得させることができた。レディネスを調整する効果もあり、生徒全員に、学習に対する同じ知識をもたせて授業を進めることができた。また、新しい知識を獲得させた後、導入の体験活動を説明させることで、知識を関連付けて思考させるだけでなく、生徒に満足感や自信を与えることができた。

実験結果を考察する場面で、基本的な概念を関連付けさせて思考させることは、生徒の理解を深めるのに有効であった。特に、化学分野では原子と分子を基にした粒子概念を用いることが大変効果的であることが分かった。

さらに、関連する他の自然事象について説明させることで、知識を関連付けて考える力を高めるだけでなく、学習内容と日常生活との関連を意識付けることができた。

(2) 今後の課題

知識を関連付けて考える力を高めるためには、より多くの単元で、繰り返し思考させる場を設定する必要がある。そのために、今回の研究成果を他の単元でも生かせるような授業展開の工夫について探っていきたい。

《引用文献》

- 1) 文部科学省 「小学校理科・中学校理科・高等学校理科指導資料」 2005年 東洋館出版社 p.37
- 2)3) 中山 迅 「子どもが観察・実験の結果から結論を導くことのできる理科授業」 『理科の教育』 2007年11月 東洋館出版 p.10