

(4) 理科

ア 研究主題

「科学的な思考力・表現力を育成するための系統的な指導の在り方
～問題解決する力や科学的に探究する力を育てる指導の工夫～」

イ 研究主題設定の理由

OECD（経済協力開発機構）のPISA調査（2003年、2006年）などの各種調査からは、我が国の児童・生徒は、思考力・表現力等を問う読解力や記述式問題、知識・技能を活用する問題に課題があると分析された。これを受けて、平成20年1月の中央教育審議会の答申において、理科の改善の基本方針の一つとして、「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達の段階、指導内容に応じて、例えば、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方法で改善する」ことが示された。また、「全国学力・学習状況調査」（平成24年4月文部科学省）では、観察・実験の結果などを整理・分析した上で解釈・考察し、説明することなどに課題があることが明らかになった。同じく「児童・生徒の学力向上を図るための調査」（平成24年7月東京都教育委員会）では、読み解く力や技能に関する問題に課題があることが明らかとなった。

そこで、本研究では次世代を担う児童・生徒に科学的な思考力や表現力を育成するために本主題を設定し、小学校、中学校、高等学校それぞれの発達の段階に応じて必要な問題解決の力や科学的に探究する力を整理するとともに、その力を育てるための系統的な指導の在り方を明らかにすることとした。

なお、理科の学習は、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」と四つの内容の構成に分けられるが、本研究では、問題解決型、探究型の学習過程を取り入れやすい「粒子」を対象として研究を行うこととした。

ウ 研究内容

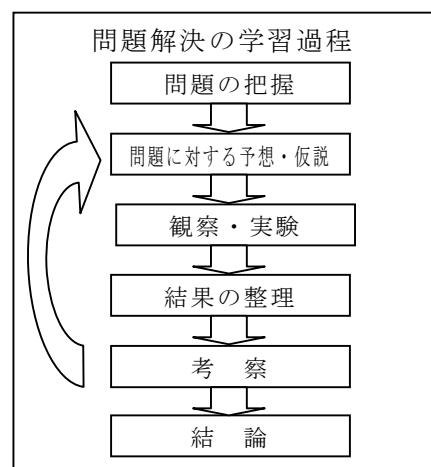
(7) 身に付けさせたい力

本研究では、科学的な思考力・表現力を、観察・実験を中核にした問題解決の学習過程を通して、自然の事物や現象について新たな見方や考え方を獲得していく力と捉え、特に、次の二つの力を身に付けさせることとした。

- 問題（学習問題や課題を含む）に対して既習事項や生活経験などの根拠をもって予想し、仮説を立てる力
- 予想や仮説と照らし合わせて観察・実験の結果を考察する力

(1) 研究仮説

理科の指導において、問題に対して予想し、仮説を立て、予想や仮説と照らし合わせて観察・実験の結果を考察する活動を系統的に行うことにより、科学的な思考力・表現力を育むことができるだろう。



エ 1年次の研究

問題解決の各学習過程における指導の実態や児童・生徒の意識を調査した。「予想し、仮説を立てる活動」や「予想や仮説と照らし合わせて観察・実験の結果を考察する活動」を他の学習活動とのバランスを考えながら取り入れることや、これらの活動を充実させるための手だてを講じること、日常生活の事物や現象と関連付けて問題を捉えられるようにすることが必要であることなどが分かった。

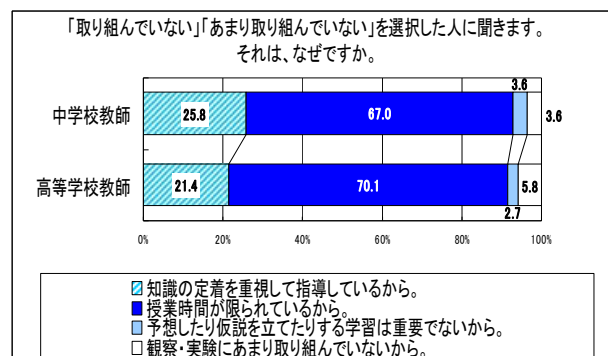
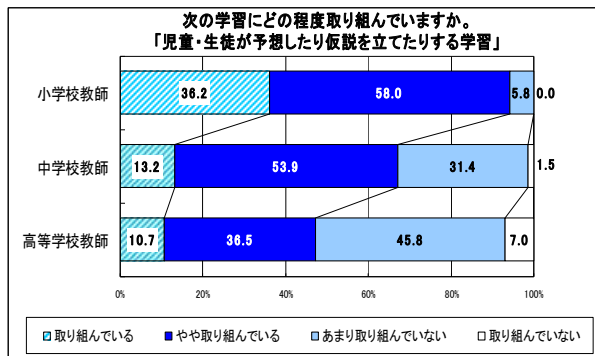
オ 2年次の研究

1年次の調査の結果を受け、研究主題に迫るための主な手だてとして、「問題解決の学習過程の工夫」、「考察する観点の明確化」などを取り上げ、その有効性を明らかにしていくこととした。

カ 1年次の調査結果及び分析・考察

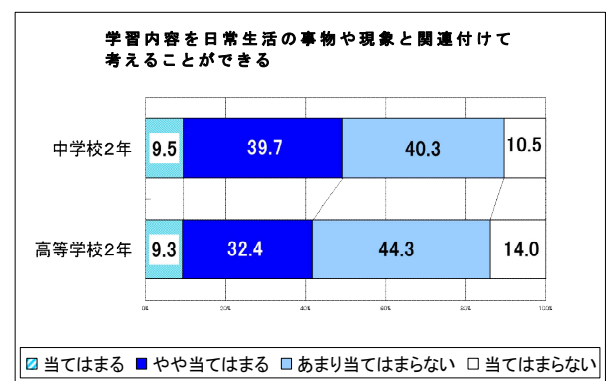
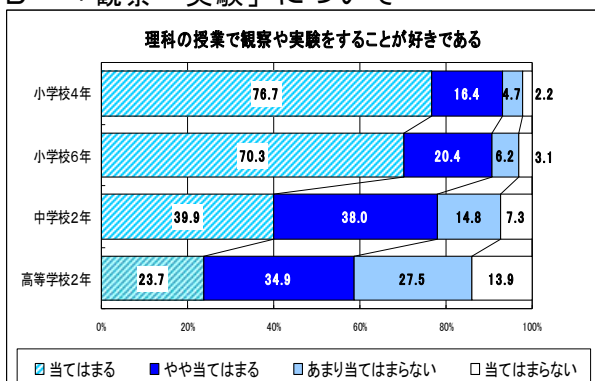
1年次の調査結果から、研究主題に迫るために必要な手だてと関連の高いものを以下に記す。

A 「問題に対し予想し、仮説を立てる学習」について



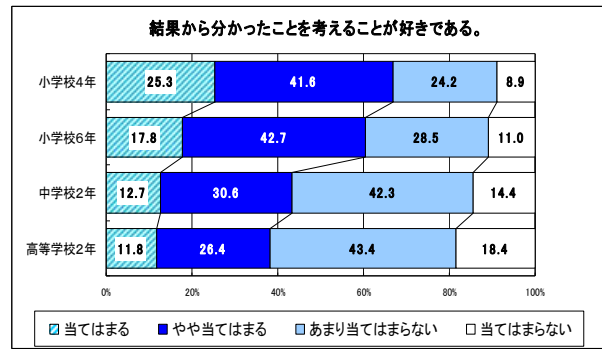
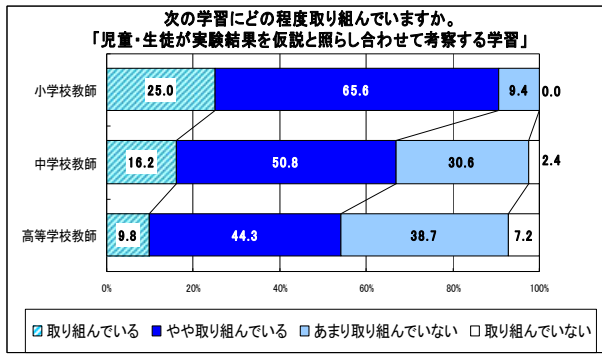
分析 予想し、仮説を立てる学習への取組が、学年が上がるにしたがって行われなくなっている。中学校、高等学校において、この学習の指導が行われない傾向にある主な理由としては、「授業時間が限られているから」、「知識の定着を重視して指導しているから」ということが挙げられている。

B 「観察・実験」について



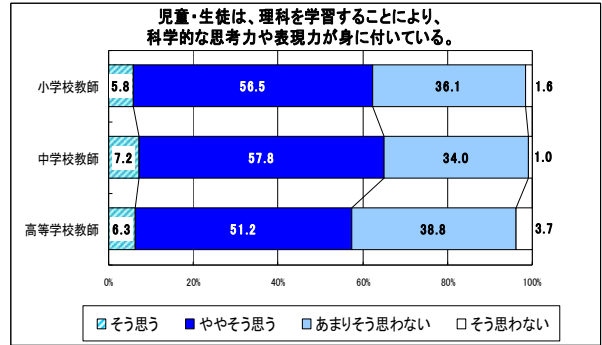
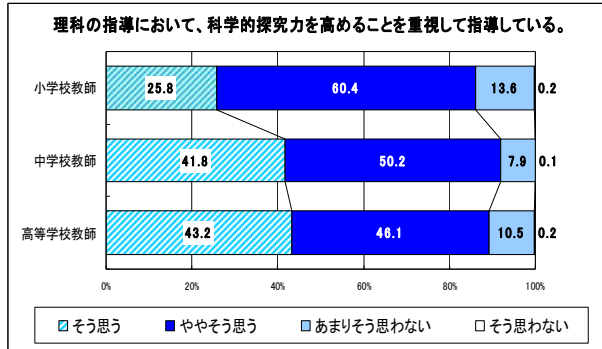
分析 「理科の授業で観察や実験をすることが好きである」という設問に対し、肯定的な回答をした児童・生徒は、学年が上がるにしたがって減少している。その理由として、学年が上がるにしたがって学習内容が高度になり、学習内容と日常生活との関連が見えにくくなっていくことが考えられる。

C 「観察・実験結果を基に考察する学習」について



分析 学年が上がるにしたがって、予想や仮説と照らし合わせて実験結果を考察する学習への取組が少なくなる傾向にある。同様に、「結果から分かったことを考えることが好きである」に肯定的な回答をした児童・生徒の割合も、学年が上がるにしたがって少なくなる傾向にある。

D 「科学的な思考力・表現力を身に付けるための指導」について



分析 「理科の指導において、科学的探究力を高めることを重視して指導している」に肯定的な回答をした教師の割合は、全ての校種で85%以上である。しかし、「児童・生徒に思考力・表現力が身に付いている」と捉えている教師の割合は、65%以下にとどまっている。

調査結果からの考察

- 教師は、科学的な思考力や表現力を身に付けさせる指導に難しさを感じており、それを解消していくための手だてを明らかにする必要がある。
- 科学的な思考力・表現力を高めるために、予想し仮説を立てる学習や考察する学習を、その意義を踏まえ、限られた時間の中で、他の学習活動とのバランスを考えながら授業の中に適切に取り入れることが必要である。
- 話し合い活動等を通して、考えを深めさせるなど考察する学習に対する興味・関心を高められるよう、指導を改善することが必要である。
- 予想し、仮説を立てる学習活動を適切に取り入れること、既習事項や日常生活の事象・現象と関連付けて問題を捉えられるようにすることなど、観察・実験への興味・関心を高める指導の工夫が必要である。

キ 理科における研究主題に迫るための手だて

本研究では、科学的な思考力・表現力を、観察・実験を中核にした問題解決の学習過程を通して、自然の事物や現象についての新たな見方や考え方を獲得していく力と捉えた。調査結果の分析・考察を踏まえるとともに、小学校、中学校、高等学校それぞれの発達の段階に応じて必要な力を系統表（112、113ページ参照）に整理し、その力を育てるためⅠ、Ⅱ、Ⅲの手だてを講じることとした。

＜理科 研究主題に迫るための手だて＞

	手だて	内 容	
理科で設定した手だて	Ⅰ 問題解決の学習過程の工夫	○小学校、中学校、高等学校のそれぞれの発達の段階において、問題解決の学習過程を踏まえた指導を取り入れられるようにするために、各校種における学習内容や指導の実態を踏まえ、「問題の把握」、「問題に対する予想・仮説」、「観察・実験」、「結果の整理」、「考察」などの問題解決の学習過程を適切に位置付ける。	
	Ⅱ 予想し、仮説を立てるための既習事項等との関連付け	○問題に対して根拠をもって予想し、仮説を立てられるようにするために、予想・仮説の根拠となりうる既習事項や生活経験を想起させたり、新たな共通体験をさせたりする。	
	Ⅲ 考察する観点の明確化	○児童・生徒に考察させる際の指導の焦点化を図るために、「考察する観点」を明確にする。	
		観 点	内 容
		実験の再現性	繰り返し実験を行っても同じ結果が出るか。
		実験の客観性	他のグループも同じ結果が出るか。
		問題に対する予想・仮説との比較	問題に対する予想・仮説と実験結果を比較して、どのようなことが言えるか。
		関連実験との比較	既に行った関連する実験の結果と比較してどのようなことが言えるか。
		他者の考えとの比較	他者の考えと比較し、自分の考えをどのように捉えるか。
		個 の 結 論	問題に対して、どのような結論が言えるか。
生活との関連	実験結果や結論は、日常生活とどのような関わりがあるか。		
新たな疑問	学習を通して、新たにどのような疑問をもったか。		
各教科共通の手だて	① 小・中・高の系統的な指導	○小学校では、観察・実験を通じた探究活動や、物質の性質などを活用したものづくりなどを通して、「粒子」についての科学的な見方や考え方を養う。 ○中学校では、基本的概念の一層の定着を図るとともに、科学技術と人間、エネルギーと環境など総合的な見方を育てる学習へと発展させる。 ○高等学校では、日常生活や社会と関連する内容、また、原子、分子、イオンなど物質を構成する粒子や化学結合、化学反応などを扱い、それらの事物・現象が物質の性質に関係するという考え方につなげる。	
	② 興味・関心の喚起	○問題に対して予想し、仮説を立てる学習活動を適切に取り入れ、日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるようにしたりする。	
	③ 言語活動の充実	○問題解決の学習過程で、話し合い活動、ノート記述、レポート作成、プレゼンテーション等の言語活動を学習内容や発達の段階に応じて適切に取り入れ、科学的な思考力・表現力を身に付けられるようにする。	

④ 実生活とのつながりの明確化	○日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるように指導の工夫を行うことで、学習の意義や有用性を感じられるようにし、主体的な学びを促進させる。
⑤ 学習習慣の確立（主体的な学びの促進）	
⑥ 評価の工夫	○小・中・高それぞれの指導内容や指導の実態を踏まえ形成的評価を行う。

ク システム表の内容及び活用について

(ア) システム表の内容

本研究では、科学的な思考力・表現力を、観察・実験を中核にした問題解決の学習過程を通して、自然の事物や現象について新たな見方や考え方を獲得していく力と捉え、特に次の二つの力を身に付けさせることとした。

○問題（学習問題や課題を含む）に対して既習事項や生活経験などの根拠をもって予想し仮説を立てる力

○予想や仮説と照らし合わせて観察・実験の結果を考察する力

システム表（112、113ページ参照）には、この二つの力を、小学校、中学校、高等学校と発達の段階に応じて整理した。加えて、問題解決にふさわしい学習内容も例示している。

(イ) システム表の活用

システム表に示した身に付けさせたい力と、問題解決にふさわしい学習内容を基に、小学校、中学校、高等学校の全ての段階において、系統的に問題解決の学習過程を踏まえた指導を行えるようにした。

ケ 検証授業

研究主題に迫るための手だての有効性を検証するために、理科部会では、以下の検証授業を行った。

<検証授業>

校種	学年	単元名
小学校	第4学年	金属、水、空気の体積と温度 ※2回実施
小学校	第4学年	もののあたたまり方
小学校	第5学年	もののとけ方
中学校	第1学年	溶解度と再結晶
中学校	第2学年	化学変化と物質の質量の規則性
中学校	第3学年	化学変化と電池
高等学校	化学基礎	物質と化学反応式 ※2回実施
高等学校	化学Ⅱ (旧課程)	水溶液中の化学平衡

コ 分析・考察

設定した手だての有効性について、検証を通して明らかになったことを記述する。

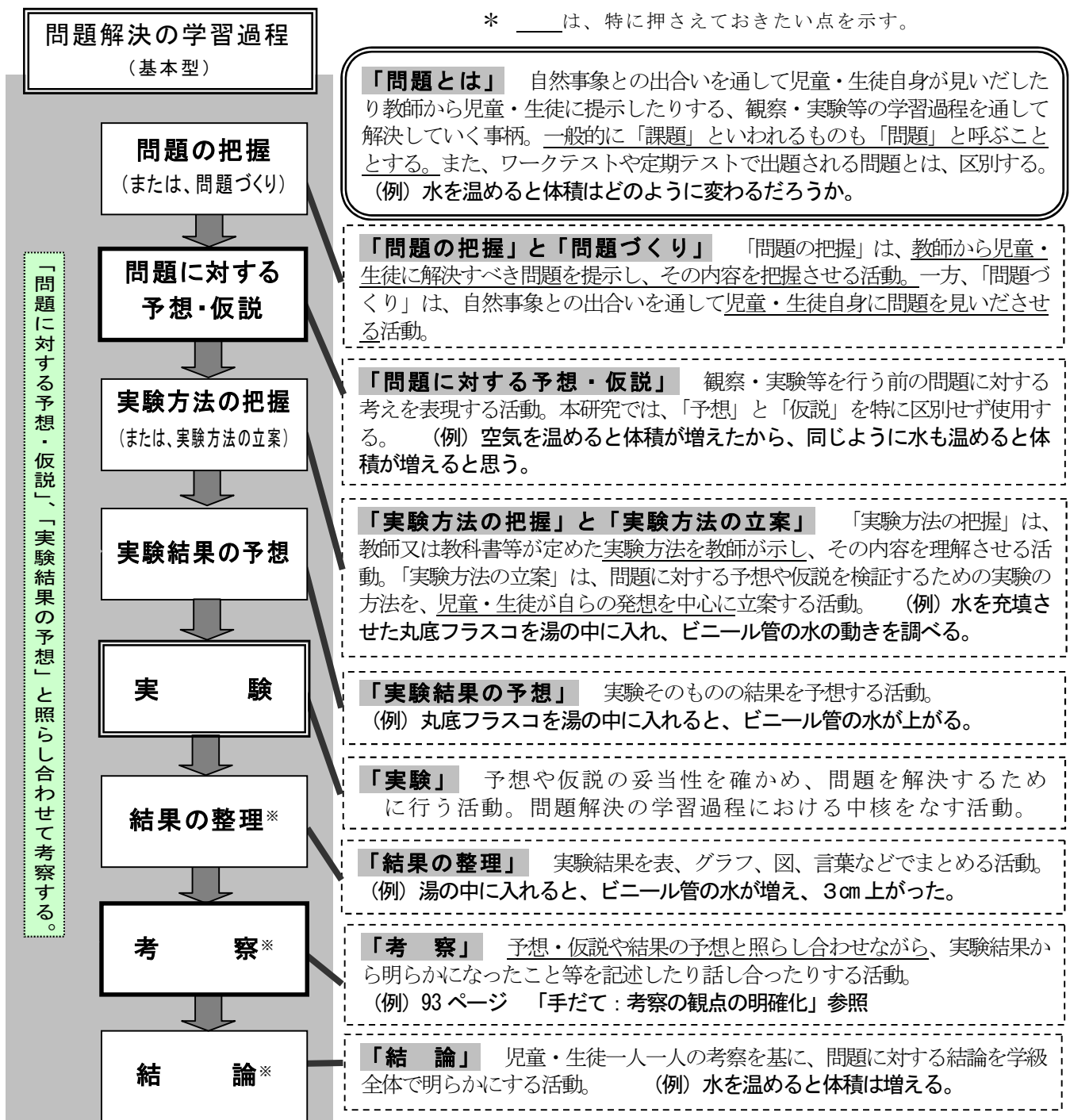
手だて：問題解決の学習過程の工夫

◇ 各活動の定義付け

手だての有効性について検証する中で、まず、この学習過程の中で示しているそれぞれの活動の定義付けを行うことが必要であることが分かった。これは、小学校、中学校、高等学校の教師によって、各活動に対する考え方が大きく異なることによる。

そこで、次に示した問題解決の学習過程を基本型とし、次のように定義付けた。

* _____は、特に押さえておきたい点を示す。



※ここに示した「結果の整理」、「考察」、「結論」を合わせて「考察」ということがあるが、本研究では3つの活動を区別して用いる。

◇ 問題解決の学習過程を踏まえた学習における留意点

先に示した問題解決の学習過程（基本型）を踏まえ、各校種や学習内容に合わせた効果的な問題解決の在り方について検証授業を通して模索していく中で、次の留意点が挙げられた。

【全 般】

- 問題解決の学習過程は、「問題に対する予想・仮説」、「実験」、「考察」を核として進める。
- 問題解決の学習過程は、基本型を踏まえながら、学習内容に応じた効果的な形で運用する。
- 小学校では、問題解決の学習過程を踏まえた基本的な学び方を学ぶ。
- 中学校や高等学校では、小学校で身に付けた問題解決の能力を生かして指導に当たる。特に中学校や高等学校では、学習内容の量と授業時数との兼ね合いや、実験による実証が難しい学習内容があることなどにより、問題解決の学習過程を踏まえた学習を全ての単元で行うことは難しい。一部の単元、又は単元の中の一部の内容に限定して、問題解決の学習過程を踏まえた学習活動を行うなどの工夫が必要である。
- 学習内容によっては、実験を伴わないものや、問題に対して予想し、仮説を立てることが困難なものもある。問題解決の学習にふさわしい問題としては、次のようなものがあげられる。（112、113 ページ「問題解決にふさわしい学習問題例」参照）
 - ・ 実験を通して解決できる問題
 - ・ 根拠を基に、予想し、仮説を立てることができる問題

【「実験結果の予想」】

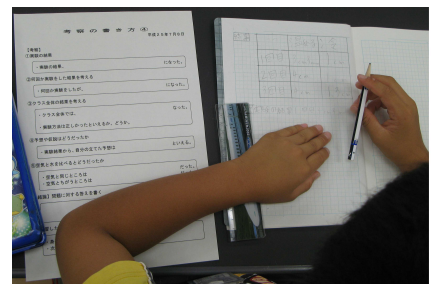
- 「自分の立てた予想が正しければ、このような結果が得られるはずだという論理をつくること」、「実験の目的を明らかにし、見通しをもって実験するということ」の2点を目的として、どのような実験結果が予想できるか考えさせることが大切である。

【「問題に対する予想・仮説」及び「考察」】

- 予想・仮説をグループや学級全体で発表させることで、自分の考えや他者の考えを踏まえ、より問題に対する考えを深めることができる。また、予想・仮説や考察の場面で無理なく考える場面を繰り返し設定し、思考・表現することに対して、意欲を高めることが大切である。

手だて：考察する観点の明確化

考察する力を身に付けさせるためには、実験結果を踏まえてどのような考察をさせたいのか教師自身が明確にしていくことが必要だと考えた。そこで、考察させるのに大切だと思われる観点を整理し、それぞれの検証授業における指導計画の中で、考察させたい観点や記述内容を明らかにした。その上で、必要に応じて児童・生徒に考察の観点を示したり、必要に応じて記述例を具体的に紹介したりして、考察をさせることとした。



観点に沿って考察

＜考察する観点（検証授業前に想定）＞ （詳しい内容は、93 ページ参照）

- ①実験の再現性 ②実験の客観性 ③問題に対する予想・仮説との比較 ④関連実験との比較
⑤他者の考えとの比較 ⑥個の結論 ⑦生活との関連 ⑧新たな疑問

検証授業における実際に児童・生徒が記述した考察の内容を分析した結果、次のような考察が適切であると考えた。 ○数字は、該当する観点を表す。

＜小学校第4学年＞ 「もののあたたまりかた」

（問題）水を熱するとどのように温まるだろうか。

（考察）ぼくは、水を熱したところから、遠くの方へ温まっていくと予想した。予想は、違っていた。③ 金属のように、熱したところから、遠くへ温まっていたのではなく、熱したところから遠い上から下へ、温まっていた。④⑥ 温度と体積の関係を調べる実験では、水も金属も、同じ結果になっていたのに、なぜ、今回の実験は違う結果になったのか不思議に思った。⑧

＜中学校第2学年＞ 「化学変化と物質の質量の規則性」

（問題）化学変化の前後で全体の質量は変化するだろうか。また、化学変化の前後で全体の質量の変化に何か規則はあるのだろうか。

（考察）自分は質量が変化すると予想していたが、実験を行うと質量は変化しなかった。物質が変化するとは予想していたが、気体の発生のことまでは考えていなかった。③ 密閉しない状態では、質量は変化する可能性がある。一方、密閉状態だと質量は変化しなかった。このことから、気体が出ていくかないかで、質量の変化は違ってくるといえる。化学変化の前後で、その化学変化に関係している物質全体の質量は変化しない。④⑥

＜高等学校【化学基礎】＞ 「物質と化学反応」

（問題）アセチレンは燃えやすい気体（可燃性気体）である。アセチレンと酸素の割合がどのようなとき、最もよく燃焼するのだろうか。※実験時には酸素ではなく、空気を利用した。

（考察）可燃性気体だから、アセチレンガスの割合が大きいほどよく燃焼すると予想したが、違う結果になった。③ A～D までの4種類の混合気体のうちA～Cは、酸素の割合が小さいためにすすが出たのではないかと。アセチレンと酸素の割合が1:2.5のDは炎の色が青く、燃焼時の音が違ったことから割合がちょうどよかったのではないかと思う。つまり、可燃性気体の割合が大きければよいというのではなく、化学反応式の係数で表せるようにアセチレンと酸素の割合が2:5(1:2.5)もよく燃焼するのではないかと考えられる。⑥



実験の結果を記述

これらの三つの記述では、問題に対する考え方が、実験を通してどのように変容したかが明らかになっており、児童・生徒の科学的な見方や考え方が深まっていることが分かる。つまり、考察する観点として、「問題に対する予想・仮説との比較」と「個の結論」を中心に指導していくことで、科学的な思考力・表現力を伸ばしていくことができると考えた。

特に、「問題に対する予想・仮説との比較」では、予想・仮説と実験結果が一致していたかどうかだけでなく、予想・仮説の根拠に立ち返って判断させることが重要となる。加えて、この二つの観点を押さえつつ、学習内容によっては、「関連実験との比較」、「生活との関連」

「新たな疑問」などの観点も与えていく。「実験の再現性」や「実験の客観性」については、実験結果の妥当性を確認するために大切な観点ではあるが、必ずしも記述する必要はなく、グループや学級全体での話し合いの中で押さえておけばよいと考えた。また、考察を記述させるに当たっては、発達段階に応じて、記述する観点を示すとともに具体的な書き方を記入例として示すことが必要である。また、よく書けている児童・生徒のノートを掲示し、モデリング効果をねらうことも有効であることが分かった。

その他の研究主題に迫るための手だてについて

- 「既習事項や生活経験との関連付け」は、予想し、仮説を立てる際の根拠を明らかにし、自分の考えを明確に表現するために効果的であった。このことは、目的をもった実験や、考察時における自分の考えの変容への気付きにもつながった。
- 「小・中・高の系統的な指導」に関しては、小学校、中学校、高等学校それぞれの指導において、関連する学習内容を確認することが不可欠である。さらに、既習事項として定着しているかどうか把握し、学習の中で活用できるようにすることが大切であることが分かった。
- 「興味・関心の喚起」、「言語活動の充実」については、問題解決の学習過程を踏まえて指導することや、「予想・仮説」、「考察」の活動において話し合いや記述などの言語活動を充実させることで、意欲的に思考・表現するようになった。
- 「実生活とのつながりの明確化」及び「学習習慣の確立」に関しては、単元の導入時や終末において、日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるようにし、主体的な学びを促進させることができた。
- 「評価の工夫」については、育てたい力や考察させる観点に応じた形成的な評価を行うことで、科学的な思考力・表現力を育てることができた。

サ 成果と授業改善の提案

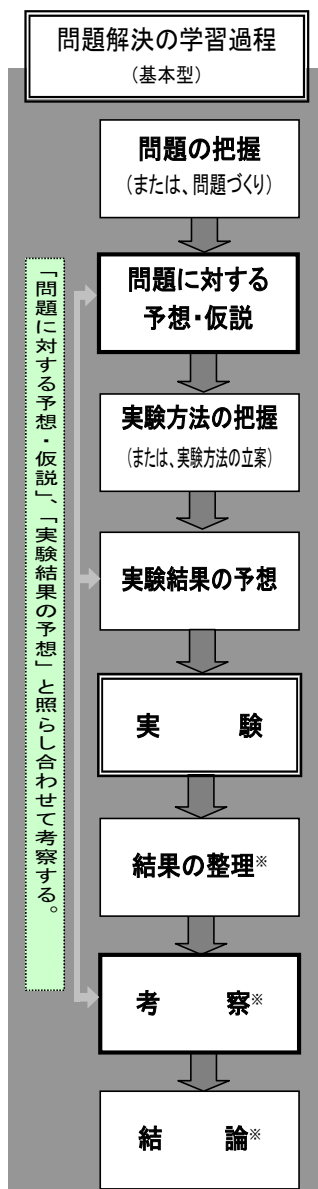
成果

- 「問題解決の学習過程」について、各活動の定義付けを行うとともに、学習内容や発達の段階に応じた指導の進め方を明らかにすることで、小学校、中学校、高等学校とどの校種においても問題解決の学習過程を踏まえた指導ができるようにした。
- 中学校や高等学校において、問題解決の学習過程を踏まえた指導を計画的に実施できるよう、問題解決にふさわしい問題を例示した。
- 科学的な思考力・表現力を高めるために、「考察する観点」として、「問題に対する予想・仮説との比較」、「個の結論」を中心にし、自らの問題に対する考え方の変容を中心に記述させるようにすることが効果的であることが分かった。
- 本研究で明らかになった指導の在り方を基に、ノート指導の在り方や発問の工夫など含めた具体的なモデルプランを作成し、全都の小学校、中学校、高等学校で取り組めるようにしていくことが必要であることが分かった。

授業改善の提案

科学的な思考力・表現力を育成するために、学校種に合わせた効果的な指導ができるよう、次の2点を提案する。

1 問題解決の学習過程を踏まえた指導



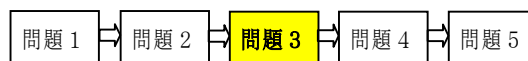
全ての学校種において問題解決の学習過程を踏まえた指導を行う。特に、「予想・仮説」「考察」の学習活動を充実させ、112、113ページに示した「科学的な思考力・表現力」を育てる。

【小学校】問題解決するための学習方法を確実に身に付けさせる。

小学校では、基本的に全ての単元において、左図に示した問題解決の学習過程（基本型）で指導を行い、問題解決するための学習方法を確実に身に付けさせ、中学校、高等学校への学習につなげていくようにする。また、児童の実態に応じて、「問題の把握」ではなく「問題づくり」、「実験方法の把握」ではなく「実験方法の立案」を行い、児童がより主体的に学習できるようにしていく。

【中学校】問題解決の学習を適切に位置付ける。

中学校では、学習内容の量と授業時数を考慮すると、全ての単元において問題解決の学習過程を踏まえて指導することは難しい。そのため、問題解決を扱う単元を年間指導計画に適切に位置付けたり、単元内でも一部の問題に絞ったりするなどの工夫をして指導を行う。



例えば、この問題において問題解決を扱うようにする。

また、学習内容によっては、根拠をもって予想し、仮説を立てることが行いにくいものや、実験そのものを行わないものもある。113ページに示した「問題解決にふさわしい学習内容例」を参考にして、効果的に指導を進めていく。さらに、問題解決の学習過程を踏まえることが難しい学習内容であっても、生徒が考える場面や話し合う場面を適宜取り入れるなど、思考力・表現力を高めていくよう指導方法を工夫する。

【高等学校】問題解決にふさわしい学習内容を選択して指導する。

高等学校でも、中学校と同様に問題解決にふさわしい学習内容を生徒の実態に応じて選択し、効果的に指導を行う。113ページの「問題解決にふさわしい学習内容例」に示したように、定量的に予想・仮説が立てられるとともに、既習事項との関連性が深く、高等学校の学習として導入しやすい学習内容を選んで指導を行う。

2 考察する観点を明確にした指導

考察させる際には、問題に対する児童・生徒の考え（予想・仮説）が、実験を通してどのように変容したかが明らかになるよう、次の二つの観点を中心に記述させる。

○問題に対する予想・仮説との比較・・・問題に対する予想・仮説と実験結果を比較して、どのようなことが言えるか。

○個の結論・・・問題に対して、どのような結論が言えるか。

特に、「問題に対する予想・仮説との比較」では、予想・仮説と実験結果が一致していたかどうかだけでなく、予想・仮説の根拠に立ち返って判断させる。加えて、この二つの観点を押さえつつ、学習内容によっては、「関連実験との比較」、「生活との関連」、「新たな疑問」などの観点も示していく。

理科1 小学校 「金属、水、空気の体積と温度」第4学年

【本単元の概要】

新たな共通体験を基に、金属、水及び空気の温まり方と体積の関係について問題を見だし、予想し、仮説を立てた上で実験を行い、金属、水及び空気の性質についての考えをもつことができるようにする。

【系統表との主な関連】

- ・問題に対して、生活経験や新たな共通体験を基に、予想し、仮説を立てることができる。
- ・観察・実験結果を基に、差異点や共通点、変化と関係する要因を踏まえて予想と照らし合わせ考察することができる。

1 単元の目標

金属、水及び空気を温めたり冷やしたりして、それらの変化の様子を調べ、金属、水及び空気の性質についての考えをもつ。

2 単元の評価規準

ア 自然事象への 関心・意欲・態度	イ 科学的な思考・表現	ウ 観察・実験の技能	エ 自然事象に についての知識・理解
①金属、水及び空気を温めたり冷やしたりしたときの現象に興味・関心をもち、進んで物の体積と温度の関係を調べようとしている。 ②物の体積変化と温度の関係について、身の回りの現象を見直そうとしている。	①金属、水及び空気を温めたり冷やしたりしたときの体積変化と温度を関係付けて、生活経験や既習事項を根拠に予想し、表現している。 ②金属、水及び空気を温めたり冷やしたりしたときの体積変化と温度を関係付け、予想や仮説と照らし合わせて考察し、表現している。	①加熱器具や金属球膨張試験器などを安全に操作し、実験をしている。 ②金属、水及び空気を温めたり冷やしたりしながら体積の変化を調べ、過程や結果を記録している。	①金属、水及び空気は、温めると体積は大きくなり、冷やすと小さくなることを理解している。 ②温度変化による体積変化は、物によってその程度が違うことを理解している。

3 本事例における研究主題に迫るための手だて

	手だて	内容
理科で設定した手だて	I 問題解決の学習過程の工夫	○本単元では、問題解決の学習過程（基本型）に沿って、問題1から問題3までくり返して学習する。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 空気の温度と体積変化 【問題1】 空気を温めたり冷やしたりすると、体積はどのように変わるのだろうか。 </div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 水の温度と体積変化 【問題2】 水を温めたり冷やしたりすると、体積はどのように変わるのだろうか。 </div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 金属の温度と体積変化 【問題3】 金属を温めたり冷やしたりすると、体積はどのように変わるのだろうか。 </div> </div>
	II 予想し、仮説を立てるための既習事項等との関連付け	○各単元における問題に関連する既習事項や生活経験を想起させたり、新たな共通体験をさせたりする。 ○本単元では、次の内容が当てはまる。 <既習事項> ・小学校4年「空気と水の性質」 <生活経験> ・アルコール温度計 <新たな共通体験> ・袋やペットボトルに湯をかけたときの様子を見る。
	III 考察する観点の明確化	○(ア)及び(イ)を中心として、次の観点について考察させる。 (ア)問題に対する予想・仮説との比較 (イ)個の結論（変化と関係する要因を踏まえて） (ウ)関連実験との比較 (エ)生活との関連 (オ)新たな疑問

各教科共通の手だて	① 小・中・高の系統的な指導	○小学校では、「物と重さ」、「空気と水の性質」、「金属、水、空気と温度」、「物の溶け方」、「燃焼の仕組み」、「水溶液の性質」などについての観察・実験を通じた探究活動や、物質の性質などを活用したものづくりなどを通して、「粒子」についての科学的な見方や考え方を養う。
	② 興味・関心の喚起	○問題に対して予想し、仮説を立てる学習活動を適切に取り入れたり、日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるようにしたりすることで、観察・実験への興味・関心を高められるようにする。
	③ 言語活動の充実	○問題解決の学習過程で、話し合い活動、ノート記述、レポート作成、プレゼンテーション等の言語活動を学習内容や発達の段階に応じて適切に取り入れ、科学的な思考力・表現力を身に付けられるようにする。 ○本単元では、「予想し、仮説を立てる学習活動」及び「考察する学習活動」において、話し合い及び自分の考えをノートにまとめる言語活動を取り入れる。
	④ 実生活とのつながりの明確化	○日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるように指導の工夫を行うことで、学習の意義や有用性を感じられるようにし、主体的な学びを促進させる。
	⑤ 学習習慣の確立 (主体的な学びの促進)	○本単元では、「空気と水の性質」の活動経験や既習内容を基に問題を捉えられるようにする。
	⑥ 評価の工夫	○小・中・高それぞれの指導内容や指導の実態を踏まえた形成的評価の方法を明らかにすることで、科学的な思考力・表現力を身に付けられるようにする。 ○本単元では、「再現性」、「客観性」等の観点を明確にした上で児童に考察させるとともに、形成的評価を行う。

4 指導計画（7時間扱い）

次	時	学習のねらい	学習活動		評価規準 (評価方法)
			問題解決の学習過程	研究主題に迫るための手だて	
<p>7時間の指導計画全体を通じた研究主題に迫るための手だて 【教科ⅠⅡⅢ】 【共通②興味・関心 ③言語活動の充実】 ○7時間の指導計画を通して問題解決の学習過程を構成し、「予想し、仮説を立てる学習活動」「考察する学習活動」を位置付けるとともにグループや学級での話し合いや考えを記述するなどの言語活動を取り入れる。</p>					
第一次 (空気の温度と体積変化)	1	・空気を温めると体積が変化する様子を見て問題をつくり、体積変化と温度の関係について予想する。	問題づくり ○密閉された袋やへこんだペットボトルに湯をかけ、変化する様子を見て問題づくりを行う。 問題に対する予想・仮説 ○空気を温めたり冷やしたりするとどのようになるのか、根拠をもって予想する。		アー① (発言分析、行動観察) イー① (ノート記述)
	2・3	・閉じ込められた空気を温めたり、冷やしたりして、どのように体積が変化するかを調べ、体積変化と温度との関係を考える。	実験方法の立案 実験結果の予想 実験 結果の整理 ○実験方法を考え、空気の入った丸底フラスコを温めたり、冷やしたりして、体積の変化を調べる。 考察 ○実験結果と自分の予想とを照らし合わせ、体積変化と温度との関係について考える。 結論 ○空気の温度を高くすると体積が大きくなり、温度を低くすると体積が小さくなるという結論を導き出す。		イー① (発言分析、ノート記述) ウー② (行動観察、ノート記述) エー① (発言分析、ノート記述)
第二次 (水の温度と体積変化)	4・5 (展開例)	・閉じ込められた水を温めたり、冷やしたりして、どのように体積が変化するかを調べ、体積変化と温度との関係を考える。	問題づくり 問題に対する予想・仮説 ○水を温めたり冷やしたりするとどのようになるのか、根拠をもって予想する。 実験方法の立案 実験結果の予想 実験 結果の整理 ○水の入った丸底フラスコを温めたり、冷やしたりして、体積の変化を調べる。 考察 ○実験結果と自分の予想とを照らし合わせ、体積変化と温度との関係について考える。 結論 ○水の温度を高くすると体積が大きくなり、温度を下げると体積が小さくなるという結論を導き出す。		イー①、② (発言分析、ノート記述) ウー② (行動観察、ノート記述) エー①、② (発言分析、ノート記述)

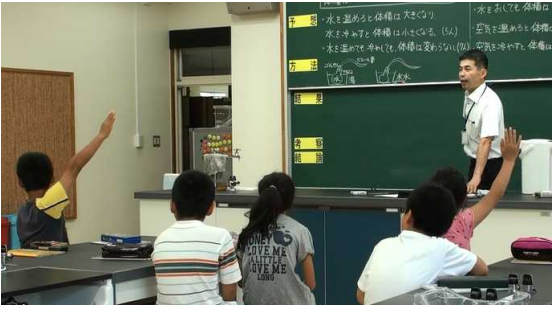
第三次 （金属の温度と体積変化）	6・7	<ul style="list-style-type: none"> 金属球を温めたり、冷やしたりして、どのように体積が変化するかを調べ、体積変化と温度との関係を考える。 学習したことをまとめ、身の回りの現象を見直す。 	<p>問題づくり 問題に対する予想・仮説</p> <p>○金属を温めたり冷やしたりするとどのようになるのか、根拠をもって予想する。</p> <p>実験方法の立案 実験結果の予想 実験 結果の整理</p> <p>○金属球膨張試験器を用い、金属球を加熱したり、冷やしたりして、体積の変化を調べる。</p> <p>考察</p> <p>○実験結果と自分の予想と照らし合わせ、体積変化と温度との関係について考える。</p> <p>結論</p> <p>○金属の温度を高くすると体積が大きくなり、温度を低くすると体積が小さくなるという結論を導き出す。</p>	アー② （発言分析、ノート記述） イー①、② （発言分析、ノート記述） ウー①、② （行動観察、ノート記述） エー①、② （発言分析、ノート記述）
---------------------	-----	---	--	--


5 展開例 第4・5時

(1) ねらい

- 閉じ込められた水や空気を温めたり、冷やしたりして、どのように体積が変化するかを調べ、体積変化と温度との関係を考える。（第4・5時共通）
- 空気の温度による体積変化の実験結果を基に、水の温度による体積変化について根拠を明らかにした予想をもたせ、実験計画を立てる。（第4時）
- 計画に沿って実験を行い、予想と照らし合わせて結果を考察し、結論を導き出す。（第5時）

(2) 展開

	学習活動 問題解決の学習過程 問題 ・予想される児童の反応	○留意点【評価規準】(評価方法) 研究主題に迫るための手だて
導入	1 既習事項をまとめる。 ・空気を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。 ・閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められない。	○既習事項を確認し、予想・仮説の根拠をもたせるようにする。 ○既習事項の定着を図る。 【教科I】【共通④実生活⑤学習習慣】 ○既習事項及び生活経験の想起 ・前時の実験結果
	<p>問題づくり</p> 2 第一次で学んだことを基に問題をつくる。 <p>【問題】水を温めたり冷やしたりすると、体積はどのように変わるだろうか。</p> <p>問題に対する予想・仮説</p> 3 水を温めたり冷やしたりするとどのようになるのか、根拠をもった予想を立てる。 ・水を温めると体積が大きくなる。なぜなら、空気も体積が大きくなったから。 ・水を温めても体積は変わらない。なぜなら、水は押し縮めても体積が小さくならなかったから。 <p>実験方法の立案 実験結果の予想</p> 4 実験方法を考える。 ・空気と同じ方法で水を温めて、その体積変化を見るようにする。	○空気も水も温度による体積変化があると考えられる児童に関しては、その変化の程度についての考えや根拠をもたせるようにする。 【イー①】(ノート記述、発言分析) ○空気を調べた方法を用いて実験を計画するように声掛けする。  <p style="text-align: center;">実験方法を考える</p>
第4時 展開		

展 開 第5時	<p>実験</p> <p>5 空気と同じ方法で水を温めると体積がどのように変化するかを調べ、結果を得る。</p> <p>＜フラスコを湯の中に入れる＞</p>  <p>結果の整理</p> <p>6 得られた結果をクラス全体で共有する。</p> <p>考察</p> <p>7 実験結果と自分の予想を照らし合わせ、体積変化と水と空気の性質の共通点、差異点を考える。</p> <p>・予想される児童の表記は下の表のとおり</p>	<p>○安全に留意して実験を行うように指導する。</p> <p>○水を充填させた丸底フラスコをお湯の中に入れ、ビニール管の水の動きを調べる。空気と比較すると小さい動きであるので、注意深く読み取らせたい。また水を冷やすと体積がどのように変化するのも調べ、可逆的な変化であることを読み取らせる。</p> <p>○ビニール管の水の動きだけではなく、その移動距離も記録するように声掛けする。</p> <p>【ウー②】（行動観察、ノート記述）</p>																	
	<p style="text-align: center;">＜考察する観点と、予想される児童の表記＞</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 40%;">予想と実験結果が同じになった児童</th> <th style="width: 40%;">予想と実験結果が異なった児童</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>○問題に対する予想・仮説との比較</td> <td>自分の予想と同じで、水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。</td> <td>自分の予想と違い、水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。</td> </tr> <tr> <td>○個の結論（変化と関係する要因を踏まえて）</td> <td>水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。</td> <td>水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。</td> </tr> <tr> <td>○関連実験との比較</td> <td colspan="2">空気と水は、どちらも温度が高くなると体積が大きくなる。また、どちらも温度が低くなると体積が小さくなる。しかし、空気は温度が変わると体積が大きく変わるが、水は温度が変わっても体積が少ししか変化しない。</td> </tr> <tr> <td>○生活との関連</td> <td colspan="2">温度計は温度が高くなると赤い部分が長くなった。温度が低いと短くなった。これとは関係があるのだろうか。</td> </tr> <tr> <td>○新たな疑問</td> <td colspan="2">水をもっと温めたらもっと体積が大きくなるのだろうか。水をもっと冷やしたら体積が小さくなるのだろうか。</td> </tr> </tbody> </table>		予想と実験結果が同じになった児童	予想と実験結果が異なった児童	○問題に対する予想・仮説との比較	自分の予想と同じで、水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。	自分の予想と違い、水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。	○個の結論（変化と関係する要因を踏まえて）	水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。	水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。	○関連実験との比較	空気と水は、どちらも温度が高くなると体積が大きくなる。また、どちらも温度が低くなると体積が小さくなる。しかし、空気は温度が変わると体積が大きく変わるが、水は温度が変わっても体積が少ししか変化しない。		○生活との関連	温度計は温度が高くなると赤い部分が長くなった。温度が低いと短くなった。これとは関係があるのだろうか。		○新たな疑問	水をもっと温めたらもっと体積が大きくなるのだろうか。水をもっと冷やしたら体積が小さくなるのだろうか。	
	予想と実験結果が同じになった児童	予想と実験結果が異なった児童																	
○問題に対する予想・仮説との比較	自分の予想と同じで、水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。	自分の予想と違い、水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなった。																	
○個の結論（変化と関係する要因を踏まえて）	水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。	水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。																	
○関連実験との比較	空気と水は、どちらも温度が高くなると体積が大きくなる。また、どちらも温度が低くなると体積が小さくなる。しかし、空気は温度が変わると体積が大きく変わるが、水は温度が変わっても体積が少ししか変化しない。																		
○生活との関連	温度計は温度が高くなると赤い部分が長くなった。温度が低いと短くなった。これとは関係があるのだろうか。																		
○新たな疑問	水をもっと温めたらもっと体積が大きくなるのだろうか。水をもっと冷やしたら体積が小さくなるのだろうか。																		
ま と め	<p>結論</p> <p>8 結論をまとめる。</p> <p>【結論】水を温めると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。空気と比べると、その変化は小さい。</p> <p>9 新たな問題を考える。</p> <p>・金属の体積は温度によって変わるのだろうか。</p>	<p>○問題に対する予想・仮説との比較、個の結論を中心に話し合い、クラス全体の結論を導き出す。</p> <p>○児童の言葉でまとめるようにする。</p> <p>【エー①、②】（発言分析、ノート記述）</p> <p>○空気と水との比較から、金属の温度による体積変化に意識付けをさせる。</p>																	

理科2 中学校「化学変化と物質の質量の規則性」第2学年

【本単元の概要】

既習事項や生活経験と関連付けて生徒に問題を把握させ、化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しいことや化学反応に関する物質の質量を測定し、化学変化と質量保存に関する考えをもてるようにする。

【系統表との主な関連】

- ・問題に対して、生活経験や新たな共通体験、既習事項を多面的に捉え、根拠をもって予想し、仮説を立てることができる。
- ・観察・実験結果を基に、多面的な分析・解釈をし、予想や仮説と照らし合わせ考察することができる。

1 単元の目標

化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を通して、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しいことや、化学反応に関する物質の質量を測定する実験を通して、反応する物質の質量には一定の関係があることを見いだす。

2 単元の評価規準

ア 自然事象への 関心・意欲・態度	イ 科学的な 思考・表現	ウ 観察・実験の 技能	エ 自然事象に ついての知識・理解
①化学変化と質量変化の規則性に関する事物・現象にすすんで関わり、それらを科学的に探究しようとするとともに、事象を日常生活との関わりでみようとしている。	①化学変化と質量保存に関する事物・現象の中に問題を見いだし、目的意識をもって観察、実験などを行い、原子や分子のモデルと関連付けて、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しいことについて、自らの考えを導き、表現している。 ②質量変化の規則性に関する事物・現象の中に問題を見いだし、目的意識をもって観察、実験などを行い、原子や分子のモデルと関連付けて、反応する物質の質量の間には一定の関係があることについて、自らの考えを導き、表現している。	①化学変化における物質の質量の測定など観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	①反応の前後で物質の質量の総和が等しいことについて基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。 ②反応する物質の質量の間には一定の関係があることについて基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

3 本事例における研究主題に迫るための手だて

	手だて	内 容
理科で設定した手だて	I 問題解決の学習過程の工夫	○本単元では、問題解決の学習過程（基本型）に沿って、問題1から問題3まで繰り返して学習する。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 化学変化と質量保存 【問題1-1】 化学変化の前後で、全体の質量は変化するだろうか。また、化学変化の前後で、全体の質量の変化に何か規則はあるだろうか。 【問題1-2】 空気中への気体の出入りがない密閉した容器内では、化学変化の前後での質量はどうなるだろうか。 </div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 化学変化と物質の質量 【問題2】 銅やマグネシウムを加熱し続けると、酸化銅や酸化マグネシウムの質量はどうなるだろうか。 </div> <div style="font-size: 2em;">⇒</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 化学変化と物質の質量比 【問題3】 銅の質量を変化させて加熱するとき、化合する酸素の質量はどうなるだろうか。また、マグネシウムの質量を変化させて加熱するとき、化合する酸素の質量はどうなるだろうか。 </div> </div>
	II 予想し、仮説を立てるための既習事項等との関連付け	○各単元における問題に関連する既習事項や生活経験を想起させたり、新たな共通体験をさせたりする。 ○本単元では、次の内容が当てはまる。 <既習事項> <ul style="list-style-type: none"> ・小学校5年「水溶液の重さ」 ・原子、分子、化合、分解、化学式、化学反応式 <生活経験> <ul style="list-style-type: none"> ・燃焼、金属の酸化 <新たな共通体験> <ul style="list-style-type: none"> ・化学変化、酸化銅、酸化マグネシウム

	Ⅲ 考察する観点の明確化	○(ア)及び(イ)を中心として、次の観点について考察させる。 (ア)問題に対する予想・仮説との比較 (イ)個の結論（多面的な分析・解釈を通して） (ウ)関連実験との比較 (エ)生活との関連 (オ)新たな疑問
教科共通の手だて	① 小・中・高の系統的な指導	○中学校では、「水溶液」、「物質の成り立ち」、「化学変化と物質の質量」などの学習を通して基本的概念の一層の定着を図るとともに、科学技術と人間、エネルギーと環境など総合的な見方を育てる学習へと発展させていく。
	② 興味・関心の喚起	○問題に対して予想し、仮説を立てる学習活動を適切に取り入れたり、日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるようにしたりすることで、観察・実験への興味・関心を高められるようにする。
	③ 言語活動の充実	○本単元では、「予想し、仮説を立てる学習活動」及び「考察する学習活動」において、話し合い及び自分の考えをノートにまとめる言語活動を取り入れる。
	④ 実生活とのつながりの明確化	○本単元では、「化学変化と物質の質量の規則性」の活動経験や既習内容を基に問題を捉えられるようにする。
	⑤ 学習習慣の確立（主体的な学びの促進）	
	⑥ 評価の工夫	○本単元では、「問題に対する予想・仮説との比較」、「個の結論」等の観点を明確にした上で生徒に考察させるとともに、形成的評価を行う。

4 指導計画（5時間扱い）

時	学習のねらい	学習活動 問題解決の学習過程 研究主題に迫るための手だて	評価規準 (評価方法)
<p>5時間の指導計画全体を通じた研究主題に迫るための手だて 【教科ⅠⅡⅢ】 【共通②興味・関心 ③言語活動の充実】 ○5時間の指導計画を通して問題解決の学習過程を構成し、「予想し、仮説を立てる学習活動」、「考察する学習活動」を位置付けるとともにグループや学級での話し合いや考えを記述するなどの言語活動を取り入れる。</p>			
1・2 (展開例)	<p>・化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、物質全体の質量の変化について考える。</p>	<p>問題の把握 問題に対する予想・仮説 【問題1】化学変化の前後で、全体の質量は変化するだろうか。または、化学変化の前後で、全体の質量の変化に何か規則はあるだろうか。 実験方法の確認 実験結果の予想 実験 結果の整理 考察 【実験1】導入で観察した塩酸と炭酸水素ナトリウムの化学反応で反応前後の質量を比較する。 【実験2】うすい硫酸とうすい水酸化バリウム水溶液を混ぜる化学変化の前後での質量を比較する。</p> <p>問題の把握 問題に対する予想・仮説 【問題1-2】空気中への気体の出入りのない密閉した容器内では、化学変化の前後での質量はどうなるだろうか。 実験方法の確認 実験結果の予想 実験 【実験3】密閉容器内でうすい塩酸と炭酸水素ナトリウムを反応させ、反応前後の質量を調べる。 【実験4】密閉した容器内で銅と酸素を加熱して、銅を酸化させたときの質量の変化を調べる。(演示実験) 結果の整理 考察 結論 【結論】化学変化の前後で、その化学変化に関係している物質全体の質量は変化しない。</p>	<p>ア-① (発言分析、行動観察) ウ-① (発言分析、行動観察)</p> <p>ウ-① (行動観察、ノート記述) イー① エー① (発言分析、ノート記述)</p>
3	<p>・金属と化合する酸素の質量について通して調べる。</p>	<p>問題の把握 問題に対する予想・仮説 実験方法の確認 【問題】銅やマグネシウムを加熱し続けると、酸化銅や酸化マグネシウムの質量はどうなるだろうか。 実験結果の予想 実験 結果の整理 【実験】銅やマグネシウムの加熱回数とできた酸化銅や酸化マグネシウムの質量変化を調べる。 考察 結論 【結論】一定量の金属に化合する酸素の量には限度がある。</p>	<p>イー② (発言分析、ノート記述) ウ-① (行動観察、ノート記述)</p>

4 ・ 5	<p>・金属と酸素が化合するときの、金属と酸素の質量の関係について実験を通して調べる。</p>	<p>問題の把握 問題に対する予想・仮説 実験方法の確認 【問題】 銅の質量を変化させて加熱するとき、化合する酸素の質量はどのようになるか。また、マグネシウムの質量を変化させて加熱するとき、化合する酸素の質量はどのようになるか。 実験結果の予想 実験 結果の整理 【実験】 銅と酸素が化合するときの、銅と酸素の質量の関係を調べる。また、マグネシウムと酸素が化合するときの、マグネシウムと酸素の質量の関係を調べる。 考察 結論 【結論】 化合する物質同士の質量の比は一定である。</p>	<p>イー② （発言分析、ノート記述） ウー① （行動観察、ノート記述） エー③ （発言分析、ノート記述）</p>
-------------	---	--	--

5-1 展開例 第1時

(1) ねらい

- ・塩酸と炭酸水素ナトリウム、うすい硫酸とうすい水酸化バリウム水溶液をそれぞれ混ぜた際に起こる化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、物質全体の質量の変化について考える。

(2) 展開

	学習活動	問題解決の学習過程	問題	留意点【評価規準】(評価方法) 研究主題に迫るための手だて
導入	<p>・予想される生徒の反応</p>			
展開	<p>1 うすい塩酸に炭酸水素ナトリウムを加え、その化学変化の様子を観察する。 ・発生した気体は何だろうか。 ・どのような化学反応だろうか。 2 気体を採集し二酸化炭素が発生したことを確認する。</p>	<p>問題の把握 3 問題を確認する。</p>	<p>【問題 1-1】 化学変化の前後で、全体の質量は変化するだろうか。または、化学変化の前後で、全体の質量の変化に何か規則はあるだろうか。</p>	<p>○化学変化による生成物が何であるか、既習事項を基に考えさせる。 【教科I】【共通④実生活⑤学習習慣】 ○ 既習事項の想起 ・「さまざまな化学変化」の学習 ○ 新たな共通体験 ・塩酸と炭酸水素ナトリウムの化学反応</p>
展開	<p>4 根拠をもった予想を考えて記入する。 グループごとに予想を話し合う。 話し合った内容を全体で発表する</p> <p>実験方法の把握 実験結果の予想 実験 5 実験方法を確認し、グループ毎に実験を行う。</p>	<p>問題に対する予想・仮説 4 根拠をもった予想を考えて記入する。 グループごとに予想を話し合う。 話し合った内容を全体で発表する</p>	<p>○これまで学習した、さまざまな化学変化をふまえて、化学変化を質量の観点から調べることを確認する。 ○根拠を明らかにしながら記入させる。 ○個人の考えをグループの中で発表し、話し合わせる。意見が異なる場合は根拠を基に話し合わせる。</p>	<p>○薬品を使うので、その扱いに関して安全指導を行う。 【ウー①】 (行動観察、ノート記述)</p>
まとめ	<p>結果の整理 6 各グループの結果を発表し、結果を確認する。 考察 7 各自で実験1・2の考察を記入し、発表する。 ・気体が発生するとその気体が空気中に出て、質量が減る。 ・気体が発生しない場合は空気中への出入りがないため質量が変化しない。</p> <p>(新たな問題) 8 気体の発生に関する実験1の考察を取り上げ、「問題」に対して、実験条件を変えて検証できるか考える。 9 次時に取り組む問題を確認する。</p>	<p>結果の整理 6 各グループの結果を発表し、結果を確認する。 考察 7 各自で実験1・2の考察を記入し、発表する。 ・気体が発生するとその気体が空気中に出て、質量が減る。 ・気体が発生しない場合は空気中への出入りがないため質量が変化しない。</p>	<p>○化学変化の前後で質量の変化に違いが見られた理由について考察させる。 ○個人の考えをグループの生徒に発表させる。各グループの考察を発表させる。 【イー①】 (行動観察・ノート記述)</p>	<p>○空気中への気体の出入りがない実験はどのようにすればよいか考える。 ○化学変化に関係する気体の質量も調べる方法を考えさせる。 ○どのような実験方法が考えられるか提案させる。</p>
			<p>【問題 1-2】 空気中への気体の出入りのない密閉した容器内では、化学変化の前後での質量はどうなるだろうか。</p>	

5-2 展開例 第2時

(1) ねらい

- ・密閉容器内において化学変化をさせ、その前後の物質の質量を測定する実験を行い、物質全体の質量の変化について考える。

(2) 展開

	学習活動 問題解決の学習過程 ・予想される生徒の反応	〇 留意点 【評価規準】 (評価方法) 研究主題に迫るための手だて																		
導 入	問題の把握 1 前時の考察を踏まえ、新たな問題を確認する。 【問題1-2】 空気中への気体の出入りのない密閉した容器内では、化学変化の前後での質量はようになるだろうか。																			
	問題に対する予想・仮説 2 根拠を明らかにした予想を立て話し合う。 実験方法の確認 実験結果の予想 実験 3 実験方法を確認し、グループ毎に実験を行う。 【実験3】 密閉容器内でうすい塩酸と炭酸水素ナトリウムを反応させ、反応前後の質量を調べる。 【実験4】 密閉した容器内で銅と酸素を加熱して、銅を酸化させたときの質量の変化を調べる。	〇個人の考えを根拠とともに記入させる。 〇個人の考えをグループの生徒に発表させ、話し合いを行う。																		
展 開	結果の整理 4 結果を記録し、グループ毎の実験結果を全体に発表する。 問題1及び2に対する考察 5 実験1～4までの結果に基づいて考察し、記入する。 全体での話し合い	【教科Ⅲ】「考察する観点」の明確化 〇「問題に対する予想・仮説」や「個の結論（多面的な分析・解釈を通して）」を中心に記述させる。 〇考察の記述に慣れていなければ、具体的な記述例を示すなど、丁寧に指導する。 〇実験の再現性や客観性など、実験結果の妥当性については、全体の話合いの中で確認する。 【ウー①】 (発言分析、ノート記述)																		
	<考察する観点と、予想される生徒の表記>																			
	<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th></th> <th>予想と実験結果が同じになった生徒</th> <th>予想と実験結果が異なった生徒</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>〇問題に対する予想・仮説との比較</td> <td>気体が空気中に入出入りしていないので、化学反応の前後で質量は変わらないと予想したとおり、密閉容器内では全体の質量は変化しなかった。</td> <td>気体が発生しているため、化学反応の後の質量が減ると予想したが、密閉容器内では、質量は変わらなかった。気体が空気中に入出入りしていなければ全体の質量は変化しない。</td> </tr> <tr> <td>〇個の結論（多面的な分析・解釈を通して）</td> <td colspan="2">化学変化の前後で、その化学変化に関係している物質全体の質量は変化しない。</td> </tr> <tr> <td>〇関連実験との比較</td> <td colspan="2">密閉した容器内で銅を酸化させたときの質量も変わらない。</td> </tr> <tr> <td>〇生活との関連</td> <td colspan="2">日常生活での化学変化においても原子の組み合わせは変化しているが、物質全体の原子の種類と数は変わらない。</td> </tr> <tr> <td>〇新たな疑問</td> <td colspan="2">化学反応では化合する質量の割合に決まりはあるか。</td> </tr> </tbody> </table>		予想と実験結果が同じになった生徒	予想と実験結果が異なった生徒	〇問題に対する予想・仮説との比較	気体が空気中に入出入りしていないので、化学反応の前後で質量は変わらないと予想したとおり、密閉容器内では全体の質量は変化しなかった。	気体が発生しているため、化学反応の後の質量が減ると予想したが、密閉容器内では、質量は変わらなかった。気体が空気中に入出入りしていなければ全体の質量は変化しない。	〇個の結論（多面的な分析・解釈を通して）	化学変化の前後で、その化学変化に関係している物質全体の質量は変化しない。		〇関連実験との比較	密閉した容器内で銅を酸化させたときの質量も変わらない。		〇生活との関連	日常生活での化学変化においても原子の組み合わせは変化しているが、物質全体の原子の種類と数は変わらない。		〇新たな疑問	化学反応では化合する質量の割合に決まりはあるか。		
	予想と実験結果が同じになった生徒	予想と実験結果が異なった生徒																		
〇問題に対する予想・仮説との比較	気体が空気中に入出入りしていないので、化学反応の前後で質量は変わらないと予想したとおり、密閉容器内では全体の質量は変化しなかった。	気体が発生しているため、化学反応の後の質量が減ると予想したが、密閉容器内では、質量は変わらなかった。気体が空気中に入出入りしていなければ全体の質量は変化しない。																		
〇個の結論（多面的な分析・解釈を通して）	化学変化の前後で、その化学変化に関係している物質全体の質量は変化しない。																			
〇関連実験との比較	密閉した容器内で銅を酸化させたときの質量も変わらない。																			
〇生活との関連	日常生活での化学変化においても原子の組み合わせは変化しているが、物質全体の原子の種類と数は変わらない。																			
〇新たな疑問	化学反応では化合する質量の割合に決まりはあるか。																			
ま と め	結論 〇結論をまとめる。 〇自分の考えをグループ毎に話し合う。 〇グループとしての結論を発表し、クラス全体の結論を導く。 【結論】 化学変化の前後で、その化学変化に関係している物質全体の質量は変化しない。	【イー①、エー①】 (発言分析、ノート記述)																		

理科3 高等学校 「物質と化学反応式」(化学基礎)

【本単元の概要】

物質と粒子数、質量、気体の体積との関係や、化学反応式が表している化学反応に関与する物質とその量的関係について、予想し仮説を立てる活動及び実験を通して自分の考えをもてるようにする。

【系統表との主な関連】

- ・問題に対して、生活経験や新たな共通体験、既習事項を定量的に多面的に捉え、根拠をもって予想し、仮説を立てることができる。
- ・観察・実験結果を基に、定量的に多面的な分析・解釈をし、予想や仮説と照らし合わせ考察することができる。

1 単元の目標

- ・物質と粒子数、質量、気体の体積との関係について理解する。
- ・化学反応式は化学反応に関与する物質とその量的関係を表すことを理解する。

2 単元の評価規準

ア 関心・意欲・態度	イ 思考・判断・表現	ウ 観察・実験の技能	エ 知識・理解
①物質について関心を持ち、意欲的に探究しようとする。 ②化学反応式について関心を持ち、意欲的に探究しようとする。	①物質と質量や気体の体積との関係について考察し、導き出した考えを表現している。 ②化学反応における物質の変化とその量的関係について考察し、導き出した考えを表現している。	①物質と質量や気体の体積との関係について観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。 ②化学反応における物質の変化とその量的関係について観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。	①物質と粒子数、質量、気体の体積との関係について理解し、知識を身に付けている。 ②化学反応式は化学反応に関与する物質とその量的関係を表すことについて理解し、知識を身に付けている。

3 本事例における研究主題に迫るための手だて

	手だて	内容
理科で設定した手だて	I 問題解決の学習過程の工夫	○本単元は二つの学習内容で構成されている。ここでは、予想し仮説を立て、実験を通じた問題解決の学習過程が適している「化学反応式」の学習において、問題解決の学習過程を位置付けることとする。

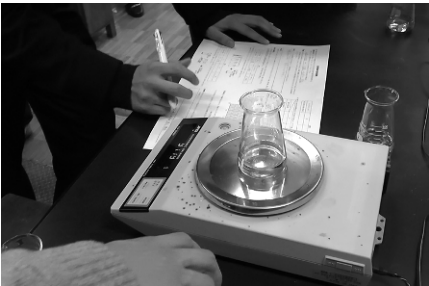
1 物質

→

2 化学反応式

【問題】

化学反応式の係数比が物質比であるなら、質量に換算して考えることができるはずである。化学反応式の物質比を質量にしてみると、反応物と生成物にはどのような関係があるのでしょうか。また、実験結果はどのようなになるか。



反応前の質量を測る

	II 予想し、仮説を立てるための既習事項等との関連付け	○各単元における問題に関連する既習事項や生活経験を想起させたり、新たな共通体験をさせたりする。 ○本単元では、次の内容が当てはまる。 ＜既習事項＞ ・中学校2年「化学変化と質量の保存」 ＜生活経験＞ ・燃焼などの化学反応 ・料理における材料と完成品との量的関係 ＜新たな共通体験＞ ・物質量(mol)での表現
	III 考察する観点等の明確化	○(ア)及び(イ)を中心として、次の観点について考察させる。 (ア)問題に対する予想・仮説との比較 (イ)個の結論（多面的な分析・解釈を通して） (ウ)関連実験との比較 (エ)生活との関連 (オ)新たな疑問
各教科共通の手だて	① 小・中・高の系統的な指導	○高等学校では、生活を支える物質やその適切な使用など、日常生活や社会と関連する内容、また、原子、分子、イオンなど物質を構成する粒子や化学結合、化学反応などを扱い、それらの事物・現象が物質の性質に関係するという考え方につなげていく。
	② 興味・関心の喚起	○問題に対して予想し、仮説を立てる学習活動を適切に取り入れたり、日常生活の事象や現象と関連付けて問題を捉えられるようにしたりすることで、観察・実験への興味・関心を高められるようにする。
	③ 言語活動の充実	○本単元では、「予想し、仮説を立てる学習活動」及び「考察する学習活動」において、話し合い及び自分の考えをワークシートにまとめる言語活動を取り入れる。
	④ 実生活とのつながりの明確化	○本単元では、「物質量」の活動経験や既習内容を基に問題を捉えられるようにする。
	⑤ 学習習慣の確立（主体的な学びの促進）	
	⑥ 評価の工夫	○本単元では、「問題に対する予想・仮説との比較」、「個の結論」等の観点を明確にした上で児童に考察させるとともに、形成的評価を行う。

4 指導計画（10時間扱い）

本単元は二つの学習内容で構成されている。ここでは、予想し仮説を立て、実験を通じた問題解決の学習過程が適している「化学反応式と量的関係（第9時）」において、問題解決の学習過程に沿って指導する。


時	内容	学習のねらい	評価規準（評価方法）
1 ～ 6	物質量	<ul style="list-style-type: none"> ・相対質量と原子量について理解し、相対質量と存在比から原子量を求める。 ・与えられた原子量を用いて分子量・式量を求める。 ・金属ナトリウムを塩酸と反応させ塩化ナトリウムとして、ナトリウムと塩素の質量比から塩素の原子量を求める。 ・物質量、物質中の粒子数、質量、標準状態の体積との関係を理解し、換算する。 	アー①（発言分析、行動観察） イー①（行動観察、ワークシート記述） ウー①（行動観察、ワークシート記述） エー①（ワークシート記述）
7 ・ 8	化学反応	<ul style="list-style-type: none"> ・化学反応式の立て方を理解する。 	アー②（発言分析、行動観察） エー②（ワークシート記述）
9（展開例）		<ul style="list-style-type: none"> ・化学変化の一定の量的関係について実験を行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理する。 ・予想・仮説と照らし合わせ、実験結果を考察する。 ※学習活動、問題解決の学習過程については、「5 展開例」参照	ウー②（行動観察、ワークシート記述） イー②（行動観察、ワークシート記述）
10		<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの学習のまとめをする。 	エー②（小テスト）

5 展開例 第9時

(1) ねらい

- ・ 化学変化の一定の量的関係について実験を行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理する。
- ・ 予想・仮説と照らし合わせ、実験結果を考察する。

(2) 展開

	学習活動 問題解決の学習過程 ・ 予想される生徒の反応	○留意点【評価規準】(評価方法) 研究主題に迫るための手だて
導 入	1 炭酸カルシウムと塩酸の化学反応式を完成させる。  <既習事項の確認>	○既習事項を確認する。反応物と生成物の化学反応式は黒板に示す。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 【教科Ⅱ】【共通②興味・関心】 既習事項の確認 ・ 化学反応式の係数 </div>
展 開	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 問題の把握 2 問題を確認する。 <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 【問題】 化学反応式の係数比が物質質量比であるなら、質量に換算して考えることができるはずである。化学反応式の物質質量比を質量にしてみると、反応物と生成物にはどのような関係があるのであろうか。 </div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 問題に対する予想・仮説 3 根拠を明らかにした予想を立て、話し合う。 ・ 化学反応式から計算により炭酸カルシウムと二酸化炭素の質量が求められるだろう。 ・ 実際に化学反応をさせれば、反応後の質量は空气中に逃げた二酸化炭素の質量の分だけ減少するだろう。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 実験方法の把握 実験 4 炭酸カルシウムを、およそ1g、2g、3gの3種類を薬包紙にはかり取り、塩酸と反応させる。 ・ 炭酸カルシウム及び全体の質量を表中に記入する。 ・ 炭酸カルシウムと塩酸を反応させると泡が出ることを観察する。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 結果の整理 5 反応後の全体の質量を測定し、ワークシートに記入する。さらにまとめの表を完成させる。 6 まとめ表からグラフをかく。 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 考察 7 まとめ表とグラフ、計算結果をもとに化学反応前後の質量の変化について、自身の予想・仮説を踏まえて考察する。 </div>	○まず計算により、物質質量から質量への換算を行う。その後、化学反応の前後における質量の関係について考えさせ、実験結果を予想させる。 ○中学校で学習した質量保存則について、「質量保存則」という言葉のみ黒板に表示して、実験結果を考える際のポイントとする。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> 【教科Ⅱ】【共通②興味・関心③言語活動】 既習事項の確認 ・ 物質質量の計算 ・ 質量保存則 </div> ○炭酸カルシウムと塩酸の反応で泡(二酸化炭素)が発生することを観察し、化学反応式通りの反応が生じていることを確認させる。 【ウー②】 (行動観察・ワークシート記述) ○グラフを読み取り、物質質量比にできるかを確認する。グループで話し合う。 ○グループで実験結果についての話し合いをさせる。 【イー②】 (ワークシート記述、行動観察)

＜考察する観点と、予想される生徒の表記＞		
	予想と実験結果が同じになった生徒	予想と実験結果が異なった生徒
○問題に対する予想・仮説との比較	質量保存の法則から考えると、質量は変化しないはずである。しかし、今回の実験では発生した二酸化炭素が出ていってしまうので、反応後の方が軽くなると予想した。結果は予想どおり、発生した二酸化炭素が出ていった分だけ質量は減少した。	中学校のときに質量保存の法則を学習した。それによると化学反応の前後で質量の変化はないはずである。したがって、今回の実験でも質量は変化しないと予想した。結果は、発生した二酸化炭素が出て行った分だけ質量は減少した。中学校のときの実験は密閉した状態で行っていたことに気が付かなかった。
○個の結論（定量的に多面的な分析・解釈を通して）	出て行った二酸化炭素の質量を加えれば、質量保存の法則は成立する。今回と同じ実験を、密閉した状態で行えば、化学反応の前後で質量は変化しないと考えられる。	今回の実験でも出て行った二酸化炭素の質量を考えれば質量保存の法則は成り立っていると考えられる。
まとめ	結論 8 結論をまとめる。 ・反応物と生成物の質量については、質量保存則が成立している。	○グループとしての結論を発表し、クラス全体の結論を導く。

○本授業においては、次のようなワークシートを活用した。

○ワークシートでは、「仮説」及び「考察」についての記述欄を設けるとともに、問題解決の学習過程の流れを把握できるようにした。

化学反応と量的関係

【目的】炭酸カルシウムと塩酸を反応させ、反応物と生成物の量的関係調べる。
【実験の前に】原子量は Ca=40 C=12 O=16 とする。
 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、次の化学反応式で示される反応が起こる。

【問題】化学反応式の係数比が物質質量比であるなら、質量に換算して考えることができるはずである。化学反応式の物質質量比を質量にしてみると、反応物と生成物にはどのような関係があるのだろうか。また、実験結果はどのようになるか。

【仮説】※ 上記の問題に対する仮説をたて、実験結果についての予想をしてみよう。

【準備】
 炭酸カルシウム約 6g、3.0 mol/L 塩酸 90 mL、電子天秤、100 mL コニカルビーカー3個、薬包紙、薬さじ、電卓

【操作と結果】
 (1) 薬包紙に包まれた炭酸カルシウムの質量を、薬包紙ごと電子天秤で測定して**表1**に記入する。
 ※ 薬包紙の質量を除いた値でなければならない。 ※ 薬包紙の質量()g

およその質量	① 約 1 g	② 約 2 g	③ 約 3 g
正確な質量			

(2) 塩酸を 30 mL ずつメスシリンダーではかり、コニカルビーカー3個に入れる。
 塩酸を入れたまま、コニカルビーカー3個の質量をそれぞれ測定し、**表2**に記入する。

コニカルビーカー	①	②	③
正確な質量			

(3) コニカルビーカー①に約 1 g の炭酸カルシウム、②に約 2 g、③に約 3 g を入れて反応させる。液を入れたままコニカルビーカー3個の質量を測定し、**表3**に記入する。

コニカルビーカー	①	②	③
反応後の正確な質量			

(4) **表1**から**表3**の結果をもとに次の表を完成させ、グラフを描く。

	①	②	③
表1 の結果	g	g	g
表2 の結果	g	g	g
(表1 + 表2)	g	g	g
表3 の結果	g	g	g
質量の差 (表1 + 表2)- 表3	g	g	g

【まとめ】この実験の反応式から、炭酸カルシウムが 1 mol()g 反応すると、
 二酸化炭素は()molつまり()g発生することが分かる。
 グラフを利用して、炭酸カルシウム 100 g を塩酸と反応させると反応前後の質量差は何 g となるか求めなさい。

【考察】まとめの表とグラフ、計算結果をもとに化学反応前後の質量の変化について、自身の予想・仮説を踏まえて考察しなさい。

2年 組 番 氏 名 _____

理科「科学的な思考力・表現力に関する系統表」

		小学校（粒子を柱とした内容）	
		3・4学年	5・6学年
科学的な思考力・表現力	問題に対して既習事項や生活経験などの根拠をもって 予想し、仮説を立てる力	<ul style="list-style-type: none"> 問題に対して、生活経験や新たな共通体験を基に、予想し、仮説を立てることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 問題に対して、生活経験や新たな共通体験、既習事項を基に、根拠をもって予想し、仮説を立てることができる。
	予想や仮説と照らし合わせながら 観察・実験の結果を考察する力	<ul style="list-style-type: none"> 観察・実験結果を基に、差異点や共通点、変化と関係する要因を踏まえて予想と照らし合わせて考察することができる。 特に、次の観点を踏まえる。 <ul style="list-style-type: none"> ○問題に対する予想・仮説との比較 ○個の結論（差異点や共通点を踏まえて）（第3学年） ○個の結論（変化と関係する要因を踏まえて）（第4学年） 	<ul style="list-style-type: none"> 観察・実験結果を基に、量的変化や時間的变化、規則性や相互関係を踏まえて予想と照らし合わせて考察することができる。 特に、次の観点を踏まえる。 <ul style="list-style-type: none"> ○問題に対する予想・仮説との比較 ○個の結論（量的変化や時間的变化を踏まえて）（第5学年） ○個の結論（規則性や相互関係を踏まえて）（第6学年）
		<学習内容によっては、次の観点も踏まえる。> ○関連する実験結果との比較 ○新たな疑問 ○生活との関連	
問題解決にふさわしい学習内容例 （「粒子」を柱とした内容）	<第3学年>	<ul style="list-style-type: none"> ○物と重さ <ul style="list-style-type: none"> ・形と重さ ・体積と重さ 	<第5学年>
	<第4学年>	<ul style="list-style-type: none"> ○空気と水の性質 <ul style="list-style-type: none"> ・空気の圧縮 ・水の圧縮 ○金属・水・空気と温度 <ul style="list-style-type: none"> ・温度と体積の変化 ・温まり方の違い ・水の三態変化 	<第6学年>
		小学校の「粒子」を柱とした内容については、すべての学習において問題解決の学習過程を踏まえた学習が可能である。	

中学校	高等学校
(粒子を柱とした内容)	化学基礎
<p>・問題に対して、生活経験や新たな共通体験、既習事項を多面的に捉え、根拠をもって予想し、仮説を立てることができる。</p>	<p>・問題に対して、生活経験や新たな共通体験、既習事項を定量的に多面的に捉え、根拠をもって予想し、仮説を立てることができる。</p>
<p>・観察・実験結果を基に、多面的な分析・解釈をし、予想や仮説と照らし合わせて考察することができる。</p> <p>特に、次の観点を踏まえる。</p> <p>○問題に対する予想・仮説との比較 ○個の結論（多面的な分析・解釈を通して）</p>	<p>・観察・実験結果を基に、定量的に多面的な分析・解釈をし、予想や仮説と照らし合わせて考察することができる。</p> <p>特に、次の観点を踏まえる。</p> <p>○問題に対する予想・仮説との比較 ○個の結論（定量的に多面的な分析・解釈を通して）</p>
<p><次の観点については、話し合い等で確認する。></p> <p>○実験の再現性（実験を複数回行ったときの結果） ○実験の客観性（他のグループの結果との比較）</p>	
<p><第1学年></p> <p>○水溶液</p> <p>・物質の溶解 ・溶解度と再結晶</p> <p><第2学年></p> <p>○物質の成り立ち</p> <p>・物質の分解</p> <p>○化学変化</p> <p>・化合 ・酸化と還元</p> <p>○化学変化と物質の質量</p> <p>・化学変化と質量の保存 ・質量変化の規則性</p> <p><第3学年></p> <p>○水溶液とイオン</p> <p>・化学変化と電池</p> <p>○酸・アルカリとイオン</p> <p>・酸・アルカリ ・中和と塩</p>	<p>○物質と化学反応式</p> <p><化学反応式></p> <p>〔実験例〕 ・CaCO₃、HClの反応 ・可燃性気体と酸素の燃焼 (アセチレンの燃焼)</p> <p>○化学反応</p> <p><酸・塩基と中和></p> <p>〔実験例〕 ・中和滴定 ・食酢の濃度を求める</p> <p>○物質の探究</p> <p><単体・化合物・混合物></p> <p>〔実験例〕 ・混合物の分離 (蒸留、昇華、ろ過、再結晶、クロマトグラフィ)</p>
<p>中学校・高等学校（化学基礎）においては、次の点を踏まえて問題解決にふさわしい学習内容例を挙げた。</p> <p>○ 生徒による実験を伴うもの ○ 既習事項等を基に根拠をもって予想し、仮説を立てることができるもの</p>	