

習得した知識や実験技能を活用して主体的に 実験方法を考える理科授業

—中学校第2学年 化学変化と原子・分子を通して—

瑞穂市立穂積中学校 中 上 和 奈
岐阜大学教育学部 川 上 紳 一

1. はじめに

新しい学習指導要領では、科学的な思考力、判断力、表現力が一層重視されるようになっており、自然の事物・現象に進んで関わり、その中に問題を見出し、目的意識をもって観察・実験を主体的に行い、課題を解決することが求められている(文部科学省, 2008)。こうした改善の背景には、OECDが実施している2006年の第3回国際学習到達度調査の結果などが背景にあると考えられる。日本の児童・生徒の科学リテラシーは国際的には上位にあるものの、科学への興味・関心が高くなく、科学の楽しさに対する実感も低い傾向がある。また、観察や実験を重視した理科の授業を受けているという認識も低い傾向がある。

平成20年度の学力状況調査の結果を分析してみると、本校の生徒は、科学的な思考においては、県の平均を上回る項目が多いのに対し、観察、実験の技能・表現に関する項目がほとんど県の平均を下回っていることがわかった。特に、実験の方法を計画する力や安全面を配慮した使い方、器具の使い方や気体の捕集方法が身につけていないことが顕著に表れている。その原因として、課題は理解できているが課題を解決するための実験と課題が結びついておらず、実験の意味を理解しないまま、ただ実験を行っていることが考えられる。また教師の実験の説明が長くなり、説明に気を取られ課題が意識から遠のいてしまい実験に対する目的意識が薄れてしまうことも考えられる。そこで、生徒が目的意識を保ち、主体的に実験に取り組むことができる指導の在り方について改善することで、生徒の観察、実験の技能や科学的表現力

を養うことができるのではないかと考えた。

宮本ほか(2004)は、生徒が自ら実験方法を考案することで、目的意識をもって実験に取り組むことができ、ひいては生徒の創造性を育むうえで有効であることを示している。また、福岡(2008)も生徒が自ら実験の仕方を考える8種類の実験課題を提案している。福岡(2008)においては、中学1年から3年まえでのさまざまな単元で授業実践しているが、本研究は、単元指導計画のなかで、系統的に実験方法を考える授業を実践するなかで、生徒の変容を明らかにしていく。

2. 研究仮説と指導計画

本研究のねらいは、課題を解決させるための実験方法を生徒自ら考え、実験する場を設定することができれば、生徒は目的意識をもち、主体的に実験に取り組むことができるというものである。中学校の理科授業では、実験や観察が重視されているが、実験方法については教師から与えることが多く、課題を解決するための方法を考えて実験するというよりは、実験の説明にしたがって、実験を進めていくというスタイルになりがちである。こうした授業においては、生徒が追究すべき課題と実験方法を別々にとらえてしまい、目的意識が薄れてしまうのではないかと考えた。そこで、本研究においては、予想をもとに実験の方法を考えさせ、計画を立て、計画書をもとに実験を行うような理科授業を構想した。

しかし、生徒が実験方法を考えることができるようにするためには観察、実験の知識と技能が必要となってくる。そこで、できるだけこれまでに

学習したことを活用して実験の計画を立てることができるように単元を構成することが必要となる。これまで習得した観察、実験の技能を活用することができるように単元を構成することができれば、生徒はより自分たちの力で課題を解決しようという意欲をもち主体的に取り組むことができるのではないかと考えた。また、習得した技能を繰り返し活用していくことで、実験の技能も高まっていくのではないかと考えた。

まず、習得した実験の技能や知識を活用できる単元指導計画の作成を行った(資料1)。こうした検討は1年次から実験テーマや方法を吟味し、2年次の学習と関連づけるような学年をまたいだ指導が可能だったことが背景にある。

次に、生徒が自ら実験方法や計画を考えることを促す目的で、課題ごとに実験計画書を作成させることにした。実験計画書の指導・作成の仕方については、いきなり生徒が実験方法を考えて、実験できるようにはならないので、教師と生徒が実験の仕方を巡って対話をしながら、実験方法を考えていき、生徒一人一人が実験計画書をまとめていくような授業を実践した。その内容については、次節で詳しく示す。

さらに、生徒が考えた実験方法から実験につながる場面では、(1)課題から予想を立てたあと、予想をもとにグループで実験方法を考える場面の設定、(2)生徒が考えた実験計画書を教師が確認し、実験内容の安全性や実験内容の妥当性をチェックする場面の設定、(3)実験に必要な器具を準備し、実験を行うこととした。

3. 授業実践

2年生で学習する「化学変化と原子・分子」の単元の中にある「1章 物質が分かれる変化」と1年生で学習する「身のまわりの物質」は関連性が高いため、活用できる内容が多いと考え、既習知識の活用を考えた単元指導計画を作成することにした。毎時間の授業においては、生徒が予想を立てやすいように演示実験や課題設定を行い、どのような実験方法を行えば課題が解決することができるのかを考えることができるようにした。

(1) カルメ焼きはなぜ膨らむのだろうか 【第1時】

化学変化の単元の導入として、カルメ焼きをつくる実験を行い、カルメ焼きが膨らむ理由を考えたい。カルメ焼きの材料とカルメ焼きの中の空洞に着目させ、膨らむ原因が炭酸水素ナトリウムであり、熱を加えることで炭酸水素ナトリウムから気体が発生するからであると予想を立てることができた。

(2) 炭酸水素ナトリウムを加熱すると どのような気体が発生するのだろうか。【第2・3時】

生徒の予想は、名称から「炭酸だから二酸化炭素」、「水素」、「酸は酸素かもしれない」、「カルメ焼きを作ったときに湯気が出ていたから水蒸気かもしれない」など様々であった。二酸化炭素、酸素、水素の気体の集め方、調べ方については1年生で学習していることを活用し考えることができた。また、発生する気体が自分の予想と違う可能性を考え、試験管に捕集する本数も自分たちで考えることができていた。

しかし、炭酸水素ナトリウムを加熱する装置を考えることが難しく、また三角フラスコや丸底フラスコといった器具を使って加熱する様子が実験計画書にかかれていた。そこで、次のような助言を行った。

教師：「粉末を加熱して気体が発生させる実験は1年生のときにもやったよね？」

生徒：「え？」

教師：「アンモニアを発生させたときに実験したよ。」

生徒：「あ、思い出した。」

教師：「粉末を加熱するときには、いくつかの注意点があったよね？」

生徒：「試験管の底を上げる！」

教師：「なぜ？」

生徒：「試験管が割れるから。」

教師：「なぜ割れるの？」

生徒：「液体が発生して、それが加熱部分に流れ込む可能性があるから。」

1年次生で、水酸化カルシウムと塩化アンモニアを加熱してアンモニアを発生させる実験を

行っていたため、本時の実験において活用させることができた。図1に生徒が考えた実験計画書の記入例を示す。

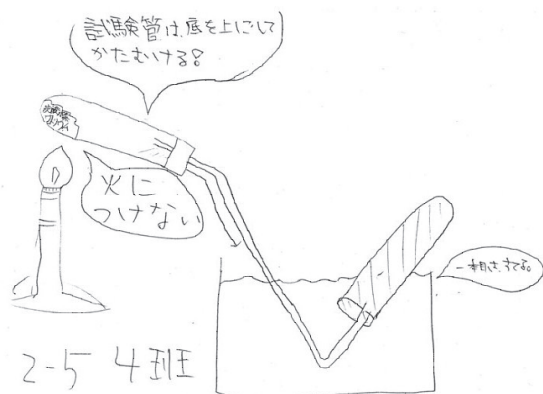


図1. 炭酸水素ナトリウムを加熱する実験での実験計画書の記入例。

(3) 炭酸水素ナトリウムを加熱する前と後の物質は同じ物質なのだろうか【第4時】

生徒の予想：二酸化炭素（炭酸）が抜けたから、違う物質になったと思う。

比較する方法を生徒によって考えさせるために、次のような発問をした。

教師：「炭酸水素ナトリウムの加熱前と加熱後の物質は見た目では違う物質だと区別できますか？」

生徒：「同じように白い物質なので違う物質だと区別することはできません。」

教師：「どのような実験をすれば比較することができますか？」

生徒：「えーっと…」

教師：「見た目では区別できない粉末の物質を見分ける実験を1年生のときにやりましたね？」

生徒：「砂糖と塩の実験のこと？」

教師：「そうです。そのとき、どのように比較しましたか？」

生徒：「加熱しました！」

教師：「今回は、すでに加熱した後の物質と加熱前の物質を比較します。」

生徒：「水への溶け方」

「ルーペで粒の大きさや形を観察しました。」

「手触り」

教師：「そうでしたね。五感を使って調べることが違を見つけることができましたね。」

水への溶け方を比較する実験において、注意する点を確認すると「水の量・物質の量を統一すること」と対照実験の技能も思い出すことができた。フェノールフタレイン溶液との反応については実験の最後に教師から提示した。

(4) 炭酸アンモニウムを加熱するとどのような物質に分解することができるのだろうか【第5・6時】

炭酸＝二酸化炭素であることへの理解をさらに深めるために、炭酸アンモニウムの分解実験を行うことにした。分解とは1種類の物質が2種類以上の別の物質に分かれる化学変化であるため、二酸化炭素以外のもう1種類の物質名の予想が立てにくい様子であった。アンモニウムをアンモニアと考えるのではなく、ニウムからアルミニウムなどの固体を考える生徒やまったく予想できない生徒も少なくなかった。そこで、炭酸アンモニウムを燃焼皿にのせ、加熱する演示実験を行った。

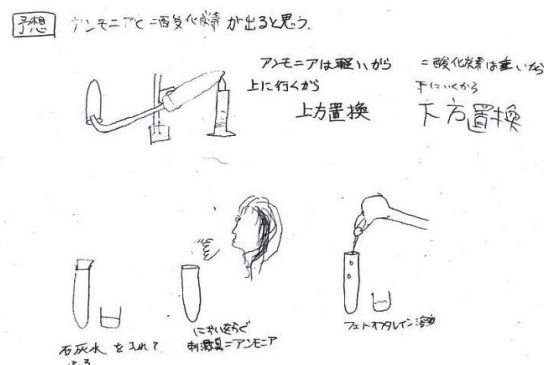


図2. 炭酸アンモニウムの分解実験における実験計画書の記入例。

教師：「加熱していくと、炭酸アンモニウムがどんどん減っているね。どうしてだろう？」

生徒：「気体になっているからだと思う。」

教師：「どんな気体？」

生徒：「二酸化炭素と、刺激臭がするからアンモニアだと思う。」

教師：「本当に二酸化炭素とアンモニアの2つの気体ができているか調べてみればわかるね。どうやって調べればいいのか？」

生徒：「2つの気体は全く性質が異なるから、一度では集められないので、2度加熱して別々に集めてもいいですか？」

1年生で学習した気体の性質や捕集方法をよく思い出し、図2のような実験計画書を作成することができた。

(5) 酸化銀を加熱するとどのような物質に分解することができるのだろうか【第7・8時】

生徒の多くは「酸化」という言葉に困惑し、「酸性の物質（塩酸）」と予想している生徒もいた。そこで、前回と同じように演示実験を行い、気体が発生していることがわかるように水に通し、確認させた。

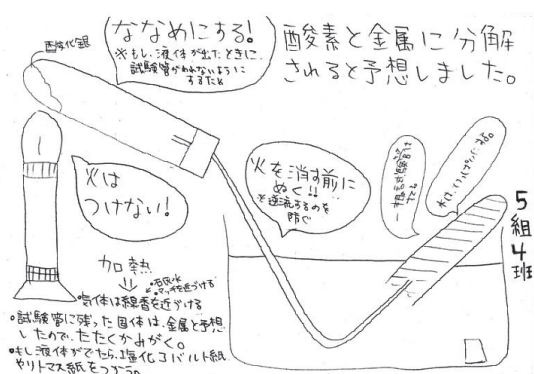


図3. 酸化銀の加熱実験における実験計画書の記入例。

生徒：「水にとけにくい気体だし、酸という言葉から酸素かな。」

教師：「酸素ならばどうやって確認すればいいですか？」

生徒：「火のついた線香を試験管の中に入れ激しく燃えれば酸素です。」

教師：「そうだね。でも、もし燃えなかった場合はどうしますか。」

生徒：「そのことも考えて、気体を余分に集めておきます。」

教師：「さて、この試験管に残った固体は何だろう？」

生徒：「名称からすると銀だと思う。でも、色が違うなあ。」

教師：「もし、銀だとすればどのような性質がありますか？」

生徒：「銀は金属のなかまだから、電気を通したり、磨いたら光沢がでたり、たたくと延びたりします。」

図3に生徒の作成した実験計画の記入例を示す。

さらに、生徒の中には銀だと特定するために密度を測定するという実験の計画まで立てている生徒もいた。

生徒が自ら実験方法を考える授業は、この後の物質が結びつく変化や化学変化の規則性においても継続している。

4. 議論

(1) 実験計画書の作成の効果について

炭酸水素ナトリウムの分解実験においては、初めての試みだったため、戸惑う生徒も多かった。しかし、自分たちの予想をもとに実験の計画を立てていくことに「おもしろそう」、「1年生のとき、化学分野は得意だったから、それを活かして授業ができるので頑張りたい」と意欲をもった生徒も少なくなかった。また、初めは計画書を作成することに時間を要したが、次第に要領をつかみ、実験中における安全面を考慮した書き込みをしたり、自分たちの予想を最大限に広げ、「もし発生した気体が酸素でない場合、その気体を調べるために余分に気体を集めておこう」、「液体が発生したら塩化コバルト紙で調べてみよう」などの書き込みをしたりする姿が計画書の中に見られた。生徒の感想に次のようなものがあった。

「この単元を通して理科が好きになったし、実験が安全にできるようになったので、次の単元に活かしていきたい。」実験の計画を自分たちで行うことにより安全面を考慮する力や技能が養われているといえる。

また、実験後に「今日は実験が早く終わった」と嬉しそうに仲間と話している生徒や「炭酸アンモニウムを分解する実験では分解して出てくる物質が2つとも気体だったので、2つの気体の性質の特徴を考え、2つの置換法を使って実験を行い、出てきた気体を判断することができた」と感想に書いている生徒がいた。今まで習得した技能を活用し、十分に実験の目的と意味を理解し、目的意識をもって主体的に実験を行うことができたことを示している。

2学期終了時に行ったアンケートのうち、「化学変化の単元において実験の計画を自分たちで考える授業は楽しく、内容が理解しやすかった」という項目に対し、図4のような結果がでた。

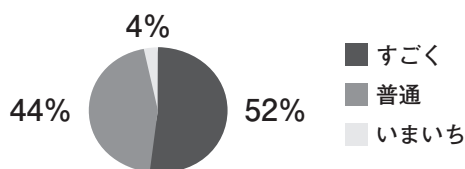


図4. 実験計画書を取り入れた授業に対する生徒の評価.

52%の生徒が、実験計画書を作成して行う授業により、今までの授業よりも理解を深めやすかったと回答している。

(2) 習得した実験の技能や知識を活用できる単元指導計画の作成による表現力の向上について

単元全体を通して、習得したことを活用する授業を実践することで実験の技能だけでなく思考力が養われていることがわかった。

単元指導計画の【第4時】の生徒Aのノートには、具体的な根拠をもとにして考えたり、自分の結論を書いたりすることができていなかった。しかし、【第7・8時】の酸化銀の分解の実験以降、結果をもとに考察を書くことができるようになっていた。こうした生徒が実験計画書を作成し、実験を行う授業を受けていくうちに図5に示すような記述がみられた。

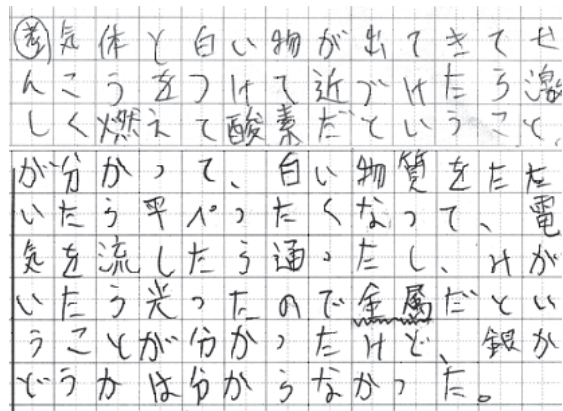


図5. 生徒Aのノートの記述

また、1学期の授業で行った「だ液の実験」に

おいて、生徒Bは結果や考察に何を書いてよいのか分からない状態で空白のノートがよく見られたが、化学変化と原子・分子の単元において、自分で予想をもち、自分の言葉で結果や考察を書くことができるようになった。【第10時】塩化銅水溶液の分解と【第17時】のマグネシウムの燃焼における生徒Bのノートには、図6に示すような記述がみられた。

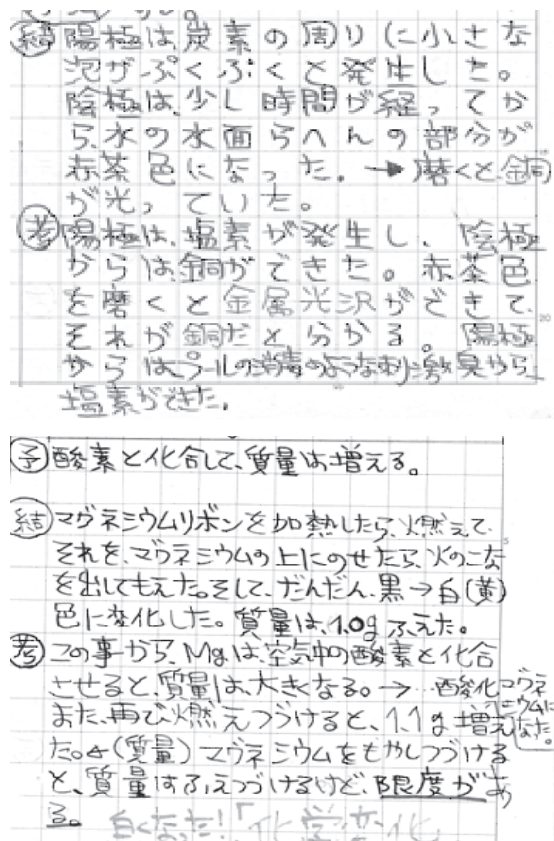


図6. 生徒Bのノートの記述.

2人の生徒だけに限らず、根拠をもって予想を立てることができる生徒や、自分の言葉で毎時間考察を書くことができる生徒が増えた。2学期終了時に行ったアンケートのうち、「1学期よりも考察を書くことが苦手ではなくなった」という項目に対し、次のような結果がでた。

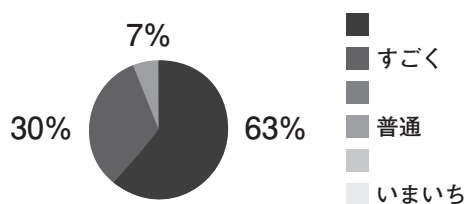


図7. 生徒の意識調査.

また、単元の最後に書いた生徒の振り返りには、次のような内容が書かれていた。

「自分たちで考えて行った実験が多かったので、考察やしくみを考えることがすごく楽しかった。もっとしくみを今後も考えていきたい。」

習得した実験の技能や知識を活用できる単元指導計画を実践することで、自分の予想を追究してみたいという実験に対する主体性だけでなく、科学的に考える力を養い、さらにしくみを考えたいという生徒の主体性を引き出すことができたと言える。

(3) 主体的な学びを実現する指導のあり方について

これまで生徒に行ってきた実験は、どちらかというと新しく学ぶ学習＝初めて行う実験という認識でとらえていたため、実験の目的よりも実験の方法をわからせなくてはいけないことに意識がいつてしまいがちだった。しかし、実験の内容を吟味し、既習知識をもとに自分たちで考える実験計画書の作成を位置づけたことで、新しく学ぶ学習でありながら、今まで既習したことを活かして実験を行うため、実験の方法を覚えることに意識を集中させる必要がなくなった。生徒の意識調査でも、理科の授業が楽しくなったという割合が高くなった。

また、今まで習ってきたことを活かし、見通しをもって実験できたことや、自分たちだけで課題が解決できたことが、「自分たちでもできるのだ」という自信につながり、生徒の意欲を高めることにつながった。今までの実験中の生徒の姿は「先生、次何すればいいですか?」といった発言があり、受身的な態度を示す生徒がみられた。しかし、この単元においては逆に、「先生、この液体を調べたいので塩化コバルト紙をください」、「もう一度確かめてみたいので、薬品をください」など明らかに主体的に取り組んでいることを示す発言が多くあった。このような意欲的な姿が、科学的に考える力を養うことにもつながるのではないかと考えられる。こうした生徒の学習する姿の変容は、生徒どうしの会話のなかにもみられた。福岡(2008)は、本研究と同様、生徒自らが実験を計画する学習において、仲間の発言を聞いて自分の

考えを深めたり、自分の考えに自信をもち、考える力が高まることを報告している。

いっぽう、実験の計画書を作成するときには「生徒の予想」が必要となってくる。予想をもつことができるようにするためには、予想の根拠となる考えが必要となってくる。化学変化と原子・分子における単元指導計画を作成するとき、実験技能の活用だけではなく、既習したことを次時に活かすことができるように、予想の根拠の手助けとなるように前時と関連づけやすい課題づくりを心がけた。そのことにより、予想をもって授業に取り組むことができる生徒が増え、考えることへの苦手意識を取り除く結果につながったのだと考えている。さらに、単元指導計画の系統性だけでなく、学年を超えて実験内容を体系化することで、既習知識の活用が増えるので、学年を超えて年間指導計画をつくることが重要である(たとえば、陽南中学校理科部、2009)。

5. おわりに

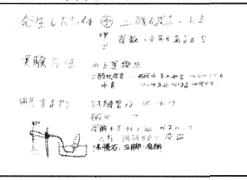

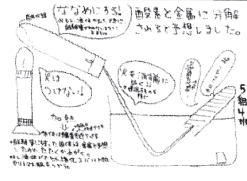
今回の研究を通して、「既習した」技能や知識を活用できる場面を設定することで、本当の「習得」につながり、力を身につけることができることがわかった。今まで何のために学んでいたのかよくわからなかったことを活かす場面があって初めて学ぶことの喜びや楽しさを実感し、主体性を育てることにつながっていくのではないだろうかと考えている。今後もこのような実践を積み重ねていきたいと考えている。

引用文献

- 福岡伸康(2008) 考える力の育成を目指す<実験を計画する学習>の実践, 日本理科教育学会全国大会, 58, 312.
- 宮本直樹・下條隆嗣・小林和雄(2004) 生徒の創造性をのばす理科授業への一考察~実験方法の提示の仕方の違いと理科的創造性との関連性~, 日本理科教育学会全国大会, 54, 230.
- 文部科学省(2008) 中学校学習指導要領解説—理科編, 大日本図書.
- 陽南中学校理科部(2009) 平成21年度指導計画・指導案集—理科, 岐阜市立陽南中学校.

資料1. 科学変化と原子・分子単元指導計画

①：一年生における既習内容 ②：二年生で習得する内容

時	課題→生徒の予想	活用できる内容	課題を解決するための実験方法と習得内容
1 2 3	カルメ焼きが膨らむのはなぜだろうか。 →重曹から発生する気体が原因ではないか。 炭酸水素ナトリウムを加熱するとどんな気体が発生するのだろうか。 →二酸化炭素、水素、水蒸気（水）	①気体の性質から考えた捕集方法 ①気体を調べる方法 ①アンモニア（水酸化カルシウムと塩化アンモニウムを加熱するとき）の気体の発生の仕方	 ・手触り ・粒の大きさ、形の観察 ・水への溶け方 ②フェノールフタレイン溶液との反応
4	炭酸水素ナトリウムを加熱する前と後の物質は同じ物質なのだろうか。 →二酸化炭素が抜けたから違う物質	①白い粉末を見分ける方法	
5 6	炭酸アンモニウムを加熱するとどのような物質に分解することができるのだろうか。 ※演示で加熱した様子をみせることで、すべて気体になることを確認する。 →炭酸から二酸化炭素、アンモニウムからアンモニア	①気体の性質から考えた捕集方法 ①気体を調べる方法 ①②粉末の加熱の仕方	
7 8	酸化銀を加熱するとどのような物質に分解することができるのだろうか。 →酸化から「酸」のつく物質・・・酸素、二酸化炭素 ※演示で加熱した様子を見せ、固体と気体に分解できることを確認する。 →酸化銀の「銀」から銀	①気体の性質から考えた捕集方法 ①気体を調べる方法 ①銀は金属のなかまでであることから金属の性質を調べる方法 ①密度の測定	
9	水はどこまで分解できるのだろうか。 →水素が含まれているから水素と何か。	①水素にマッチの火を近づけると水ができた。	②電気分解の仕方
10	塩化銅水溶液を電気分解するとどうなるだろうか。 →銅と何か（塩化から想像する物質）に分解する。	①銅は金属のなかまでであることからこする。	・金属光沢と銅の色の確認 ②塩素の性質
11	原子・分子の説明		②原子の記号
12	化学変化を化学式を使って表そう。		化学式・化学反応式
13	空気中で水素を燃やすとなぜ水ができるのだろうか。 →水素と空気中の酸素が結びつくから。	②水は水素と酸素に分解できる。	②水の合成 酸素と化合する
14	スチールウール（鉄）を空気中で燃やすと質量が大きくなるのはなぜだろうか。 →空気中の酸素と化合するから。	②水素と同じように空気中の酸素と化合する。	②酸素とスチールウールだけを入れた試験管を密閉して加熱する。
15	銅を空気中で燃やすと鉄と同じように質量は大きくなるのだろうか。 →金属のなかまなので酸素と化合して大きくなる。	②鉄と同じように空気中の酸素と化合する。	②燃焼皿で加熱し、冷ましてから質量を測定する。
16	銅と化合する酸素の質量はどれくらいなのだろうか。 →空気中に酸素は無限にあるが銅原子の数に限りがあるため無限には増えない。	②原子、化学式	②繰り返し銅を加熱し、15時と同じように実験する。
17	マグネシウムを空気中で燃やすと鉄や銅と同じように質量は大きくなるのだろうか。 →金属のなかまなので酸素と化合して大きくなる。	②鉄や銅と同じように空気中の酸素と化合する。	②銅と同じようにして実験を行う。
18	化合する割合について考える		
19	木炭を空気中で燃やすと質量はどのように変化するのだろうか。 →木炭は金属ではないので質量は大きくならない。	①金属・非金属、有機物 ②酸素と化合	②銅やマグネシウムと同じようにして実験を行う。
20	気体が発生する化学変化の前後では全体の質量はどうなるのだろうか。 →密閉している場合は質量は変化しない。	①二酸化炭素の発生 ②化学変化	②気体が逃げないように密閉した容器内で化学変化を起こす。
21	中和の化学変化の前後では全体の質量はどうなるのだろうか。 →気体が発生しないので変化しない。	①中和、塩	
22 23	鉄と硫黄を一緒に加熱するとどうなるのだろうか。 →硫化鉄になる。 ※先に銅と硫黄の化学変化を演示し、化学反応式までおさえる。	②化合 ①鉄の性質	①磁石や塩酸との反応を観察する

