

科学的表現力を育む学習指導

高橋 里美

はじめに

OECD（経済協力開発機構）のPISA調査や、IEA（国際教育到達度評価学会）のTIMSS等の調査結果を踏まえて検討された平成20年1月中央教育審議会答申に基づいて、今回の学習指導要領が改訂された。PISA調査やTIMSSによると、日本の子どもの現状として、理科の勉強は楽しいと感じたり、科学を必要とする職業に就きたいと考える割合が低い。2006年のPISA調査では、参加国中の順位が2000年・2003年よりも順位を落とし、さらに「科学的な疑問を認識すること」や「現象を科学的に説明すること」の領域に課題が見られた。また、理科の授業に関する生徒の意識の調査では、「生徒には自分の考えを発表する機会が与えられている」「授業ではクラス全体でディベートしたり討論したりする」「生徒は、実験したことからどんな結論が得られたか考えるように求められる」と回答した生徒の割合が低く、理科の授業のあり方にも課題が見られた。今回の学習指導要領の改訂では、科学的な思考力、表現力等の育成のための改善・充実が従前以上に図られた。そして、科学的な思考力、表現力等の育成の観点から、「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」「観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動」「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」の充実が求められている。

理科は、平成21年度から新学習指導要領が先行実施となり新しい内容も加わる。そこで、「観察、実験の結果を分析し解釈する学習活動」と「科学的な概念を使用して考えたり説明したりするなどの学習活動」の充実を図ることに焦点を当て、本研究を試みることにした。

1 研究の仮説と視点

(1) 科学的表現力とは

身のまわりの自然の事物・現象に対して、事実にもとづいて比較したり関連づけたりしながら、言葉や図や表やモデルを使って説明する力を、科学的表現力と考えた。

(2) 研究仮説

「科学的表現力を育む学習指導」は、次の視点に立った授業作りによって可能になる。

視点① 自分の考えや班で話し合ったことを発表する学習形態

視点② モデルを使って説明する場の設定

視点③ 基礎的・基本的な知識及び技能を活用する活用型学習を取り入れた単元構成の工夫

(3) 研究の視点

視点①については、学びあう場として個人から班、班からクラス全体へと広がるような学習形態を取り入れることにした。班で話し合う場を設けることにより、一人一人の考えが生かされ表現の場が保障される。それをクラス全体に広げたときには、さまざまな考えを知ることにより学びが広がると考えた。

視点②については、モデルを使って説明することは、事物・現象についての事実を抽象的に表現したり、科学的な概念を使って表現する力を育むと考えた。

視点③については、新学習指導要領において、生徒の思考力、判断力、表現力等を育む観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用をはかる学習活動を重視するとある。新指導要領に向

けての移行をふまえて、より効果的な単元構成を展開することを考えた。

2 研究の構想

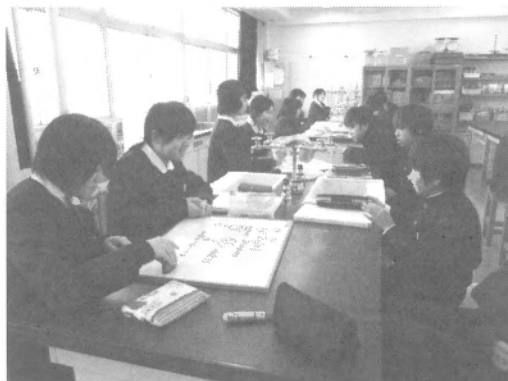
ここでは、中学校第2学年の第1分野「化学変化と原子・分子」における取り組みを紹介する。本単元は化学的な事物・現象について、目に見える物質の性質や反応を目に見えない原子・分子の概念を用いて統一的に考察する内容構成となっており、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動が展開しやすい単元といえる。

(1) 視点① 自分の考えや班で話し合ったことを発表する学習形態

班は、男子2人女子2人の4人で構成し、1クラスで10班を作る。クラス全体で学びあう中で、科学的表現力を身につけることを目的としているので、資料1を生徒に配布して意識を高めさせた。この資料は、生徒の自己評価カードの裏に印刷し、毎時間生徒の手元に置くようにした。

資料2は、班の話し合いの様子である。話し合ったことは、ホワイトボードに記入してクラス全体への発表に使う。班で話し合ったことを、班の代表が説明を加えながら発表するようにした。

資料2



資料1

学びあえる学習にしよう

■意見を練りあえる聞き方・話し方

【基本】背筋を伸ばして姿勢良く学習する
 【聞く】①静かに集中して聞く
 ②何を言っているのか考えて聞く
 ③話し手に体をむける
 【話す】①クラス全員に聞こえる大きな声
 ②語尾まではっきりと言いつける
 ③自分の考えを堂々と言い切る

認め合える集団

■話し合いに使うキーワード

【理科の学習の特徴】

①多くの事実から
 ②共通点・相異点
 ③関連づけて
 ④予想をもとに
 ⑤既習事項から
 ⑥経験から
 ⑦モデルを使って
 ⑧グラフ・表から
 ⑨仲間の意見から
 ⑩比較して
 ⑪条件から

理論的な考え
理科学習の深まり

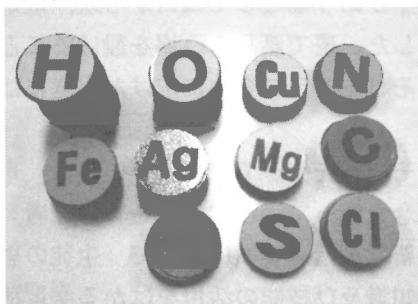
■考察のしかた

①結果からどんなことがわかるのか
 ②結果からどんなことが考えられるのか
 ③課題に対する結論は何なのか
 ④身近に同じような事象はないか
 ⑤疑問やさらに追求してみたいことは何か

(2) 視点② モデルを使って説明する場の設定

原子・分子をモデルで表すために、資料3のような原子モデルをマグネットシートを使って作成した。本単元で学習する化学変化を考慮して、10班分の原子モデルを資料4にある個数で用意した。原子モデルは、化学変化における原子の組み合わせの変化を視覚的にとらえやすくする。

資料3



資料4

記号	個数	記号	個数
H	80	Na	20
O	60	Ag	40
C	20	Cu	20
N	20	Mg	20
Cl	20	Fe	40
S	20		

(3) 視点③ 基礎的・基本的な知識及び技能を活用する活用型学習を取り入れた単元構成の工夫

本単元を、次の資料5のように構成した。

資料5

次	時	主な学習活動	具体的な学習活動	実験	話し合い
物質の 変化	①	・ホットケーキの生地にタンサンを入れる理由	・ホットケーキの生地にタンサン（炭酸水素ナトリウム）を入れた物と入れていない物を加熱して、違いを見つける。	1 生徒	I
	②	・炭酸水素ナトリウムの熱分解実験	・炭酸水素ナトリウムを熱したときの様子を調べ、もとの物質とはちがう物質になったことを見いだす。	2 生徒	II
	③	・酸化銀の熱分解	・炭酸水素ナトリウムや酸化銀を熱したときの変化を例にして、分解について理解する。	3 演示	III
	④	・水の電気分解	・水に電流を流したときの変化についての実験を行い、陽極・陰極に発生した物質について調べる。	4 生徒	
	⑤	・水の電気分解について考える	・水は水素と酸素に分解できることを理解し、発生した物質がそれ以上分解できない物質であることを知る。		IV
	⑥	・原子とは何か	・原子に関する基礎的な理解を深めるとともに、原子を表す記号について理解する。		
	⑦	・分子とは何か	・分子に関する基礎的な理解を深めるとともに、分子は原子がどのように結びついているか知り、モデルを使って表す。		
	⑧	・化学式	・物質を表す化学式について理解し、単体か化合物か指摘する。		
	⑨	・化学変化をモデルで表そう	・炭酸水素ナトリウムと酸化銀の熱分解、水の電気分解をモデルで説明する。		
	⑩	・化学変化を説明しよう (塩化銅水溶液の電気分解)	・塩化銅水溶液を電気分解したときの物質を調べ、現象やモデルから化学変化を説明する。 ■活用型学習	5 生徒	V
	⑪	・化学変化を説明しよう (炭酸アンモニウムの熱分解)	・炭酸アンモニウムを熱分解したときの物質を調べ、現象やモデルから化学変化を説明する。 ■活用型学習	6 演示	VI
物質 どう し	⑫	・鉄と硫黄の化合	・鉄と硫黄の混合物を熱したとき、元の物質とはちがう物質ができることを調べる。	7 生徒	
	⑬	・物質どうしは結びつくか	・化合について理解し、鉄と硫黄の化合をモデルを使って表す。		VII
	⑭	・物質が燃えるときは、どのような化学変化か	・物質が燃えたときにできる物質について調べ、燃えるとはどのような化学変化か考え、モデルを使って表す。	8 生徒	VIII
	⑮	・物質が燃えるとき、物質は酸素と化合する	・物質が燃えるときに酸素が使われることを理解し、酸化と燃焼について、理解する。	9 演示	
	⑯	・酸化銅の還元	・酸化銅を加熱したときの物質を調べ、現象やモデルから化学変化を説明する。	10 生徒	
	⑰	・還元とは	・還元について理解し、モデルを使って表す。		
	⑱	・化学変化を説明しよう (MgのCO ₂ 中の燃焼)	・マグネシウムが二酸化炭素の中で燃焼する実験を行い、現象やモデルから化学変化を説明する。 ■活用型学習	11 生徒	IX
化学 変化	⑲	・化学変化の前後で物質の質量は変化するか	・化学変化の前後の物質の質量を調べ、現象をモデルを使って説明する。	12 生徒	X
	⑳	・質量保存の法則	・化学変化の前後で物質の質量は変化しないことを理解し、化学変化に関係する物質の原子の種類と数に変化がないことを理解する。		
	㉑	・化学変化反応式	・化学変化を原子・分子のモデルを使いながら、化学反応式で書き表す。		
	㉒	・化学変化が起こるときの物質の質量の割合	・金属を熱したときの質量変化を調べ、反応する物質の質量比が一定であることを見いだす。		

新学習指導要領に向けての移行措置は、平成22年度から行われるが、平成20年度に本単元を実施するにあたり、上記資料5の⑮～⑱において「酸化と還元」を先駆的に実施した。本単元の流れとして、化合について⑫⑬で学習するので、ここで酸素との化合を学習の方が自然であると考えた。また、還元は酸化と相対する化学変化であり、原子の結びつきが変わることで説明ができるので、目に見える現象を科学的にとらえてモデルで表現する学習に適していると考えた。

活用型学習としては、⑩⑪⑫で実施することとした。いずれも、化学変化に見られる現象を、事実をもとに類推して科学的に説明する学習を展開した。

また、班で話し合ったことをクラス全体で発表しあう学習形態については、資料5のI～Xの場面で実施することとした。

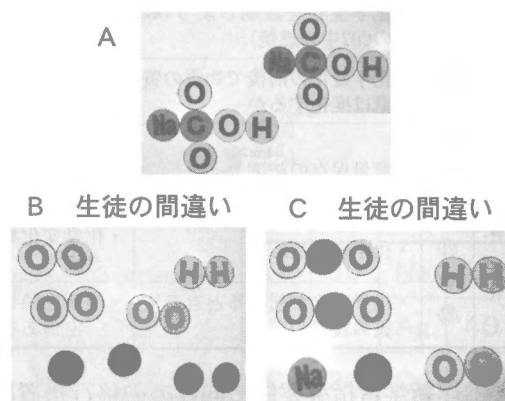
3 研究の実際

本単元で行った研究を、班の話し合いをホワイトボードに表現した内容をもとに紹介する。資料6は、1つのクラスの各班のホワイトボードの内容である。

- (1) Iは、単元の導入として展開した。ホットケーキの生地タンサンを入れたときと入れていないときの現象の違いを見いだすことができても、身近な食べ物で化学変化が起きているという認識はできていないので、加熱することで変化する不思議さなど多くの疑問を残した。※1は、タンサンそのものが状態変化のような変化をしたととらえており興味深い。疑問を解決するために、タンサンだけを加熱したときの変化を調べる次時につなげた。
- (2) IIでは、班の話し合いを発表したことを通して、タンサンの加熱分解とホットケーキにタンサンを入れる理由をしっかりと結びつけることができた。目に見える現象のおもしろさを、物質そのものについて考えることのおもしろさへの変化がみられる。※2は、タンサンが3つに分解したことから、タンサンという物質は、二酸化炭素と水と炭酸ナトリウムが結合しているというとらえがあることを表しており、化学変化という認識ができていないことがわかる。※3は、タンサンは炭素をふくむ化合物であるというとらえをしていることがわかる。※4は、1つの物質から3つの物質ができたので体積が増えたと考えた。化学変化という認識がないことがこの記述からもわかる。
- (3) IIIでは、演示実験の現象をきちんととらえ、理由をあげてうまく説明した。しかし、もとの物質について類推することができた班は半数にとどまっていたので、班の発表によって学びあうことができた。
- (4) IVでは、どの班も現象をきちんと押さえて化学変化を説明した。その中で、※5によって学習がより深まった。化学式の学習はこの段階ではしていないが、生徒は「 H_2O 」を耳にしたことがある。 H_2O が水素と酸素の比を表すということを発表したので、酸素よりも水素が多く出てきた現象との関連に気づかされ、感心していた。しかし、水素は「 H_2 」酸素は「 O 」と発表したので、「 O_2 」ではないかとの疑問も出た。今後の学習に生かされる発表であった。

- (5) ⑨時において、それまで学習した炭酸水素ナトリウムや酸化銀の熱分解と水の電気分解について、原子モデルを使って化学変化を表すことを班で相談させた。資料7のAは、もとの炭酸水素ナトリウムであるが、BやCのように間違える班が多かった。現象と結びつけることを促して修正した。この学習で、「ドルトンとアボガドロの考えがようやくわかった。」「ひらめきがあって良かった。モデル化はとてもわかりやすい。」「炭酸ナトリウムの化学式を知らなかったから、考えておもしろかった。」「分解とは、原子の結びつきが変わることなのかと考えた。」などの、生徒の感想があった。

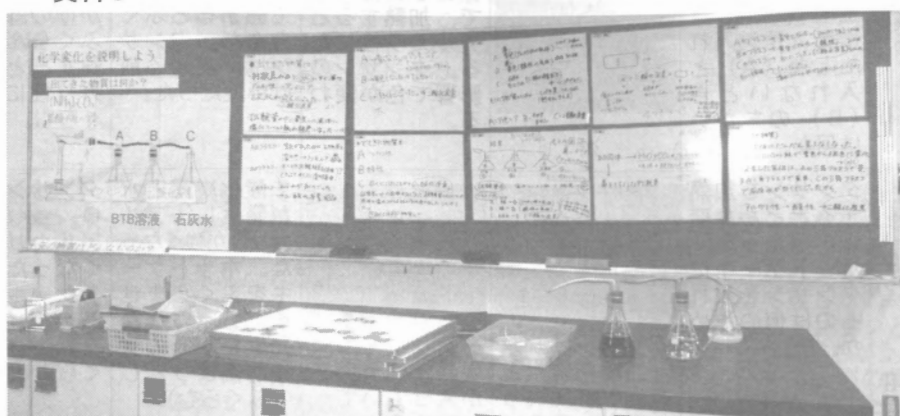
資料7 炭酸水素ナトリウムの分解



- (6) Vにおいては、電気分解によって出てきた物質は何かを調べることにより、もとの物質は何かを推測させた。既習事項から塩素と銅が出てきたと断定し、元の物質は塩素と銅の化合物であることを全ての班が説明した。原子をモデルで表す学習が生かされ、表現の仕方も多様に变化して

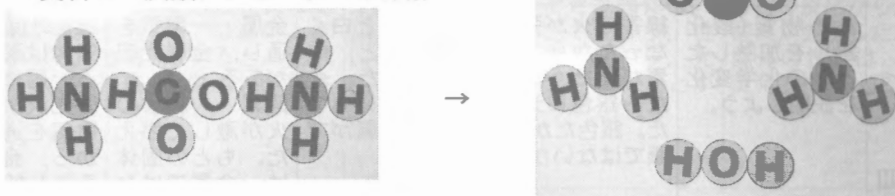
きた。また、なぜ物質が陰極と陽極に分かれるかという生徒の疑問が多く、イオンの学習に結びつくと思われる。

資料 8



- (7) ⑩時は、本校の平成20年度第1回幼小中一貫教育研究発表協議会の公開授業で行った。目に見える現象のおもしろさもあり、生徒の関心はとても高かった。班の考えを発表させると、現象をおさえてしっかりと説明しながらも結論として難しい内容があるので、いろいろな考えに分かれていた。それを解

資料 9 炭酸アンモニウムの分解



決するために、物質のモデルを与えると、現象とモデルを関連させて出てきた物質を結論づけた。その後、既習事項と関連させて、この化学変化を説明することができた。

- (8) VIIにおいては、鉄と硫黄の化合についての化学変化を説明させた。加熱による化合についての化学変化の説明にとどまらず、混合物や化合物に塩酸を加えたときの化学変化をモデルで説明する班が半数あった。硫化水素の化学式は学習していなかったが、現象をおさえながら表現しようと努力していた。
- (9) VIIIは、マグネシウムと炭素の燃焼について、化学変化の前後での質量を比較して、燃えるとはどのような化学変化かを説明させた。化学変化の前後の質量がマグネシウムは増加し、炭素は減少するという相反する結果の中に、共通する燃焼という化学変化を説明するところに、生徒は戸惑った。しかし、班の話し合いによって、現象をおさえていき酸素の化合という共通性に気づいた。しかし、※6※7では、炭素の化学変化を物質の変化と捉えていない表現が見られる。このような間違いも、クラス全体での学びあいで修正することができた。
- (10) IXは、二酸化炭素中でマグネシウムは燃えるかという生徒にとって意外性のある実験について考えさせた。※8に見られるように、現象をおさえるだけではわからなかったことが、モデルを使って表すことで説明ができるようになってきている。※9は、モデルを書くのではなく化学式を利用した式で表現した。原子のモデルから化学反応式への移行を行っている。原子・分子についての正しい認識ができているからできる表現である。※10は、現象をおさえて化学変化を説明する上に、原子の結びつきやすさに気づき、表現している。
- (11) Xは、塩酸と炭酸水素ナトリウムを混ぜて二酸化炭素が発生する化学変化Aと、硫酸と水酸化バリウム水溶液を混ぜ合わせて硫酸バリウムの沈殿ができる化学変化Bについて、化学変化の前後の質量を調べ、質量保存の法則を検証させた。化学反応式を使って説明する班が増えている。化学変化Aについては、モデルや化学反応式で表すことで、目に見える現象にとどまらず水や塩化ナトリウムができることも推測することができている。化学変化Bについては、1年時での既習事項を生かして説明している表現も多く見られる。

資料6

時	課題	1 班	2 班	3 班	4 班	5 班
① I	ホットケーキの生地(BTB)にタンサン入れたとき(A)と入れないとき(B)のちがいは何か。	 ※1	タンサンは中性で、加熱するとアルカリ性になる。タンサンの影響で色が変わる。	タンサンによって熱するとふくらんだ。タンサンは、熱する前は中性だった。	Aは、青になりかけの緑になりふくらんだ。加熱すると、アルカリ性になりふくらむ。	中性になってふくらんだ。
② II	タンサンを加熱するとどんな変化が起きるか。ホットケーキにタンサンを入れるのは何のためか。	 タンサンは、水と二酸化炭素と何かの物質がくっついているのではないかと? ※2	 タンサンには、炭素という原子が入っていて、加熱すると3つの物質になった。 ※3	二酸化炭素と水が発生し、アルカリ性が強くなった。ホットケーキをふくらませるため(気体が発生し、その気体が出ようとしてふくらむ)	タンサンからCO ₂ と水が出て、アルカリ性が強くなった。ホットケーキに入れるのは、CO ₂ を発生させてふくらませるため。	固体・液体・気体のそれぞれ別の物質ができる。固体は弱いアルカリ性から強いアルカリ性へ変わった。中から二酸化炭素が出てくるから、生地に穴があいて、ふくらみ食感が良くなる。
③ III	ある物質(酸化銀)を加熱したときの化学変化を説明しよう。	線香の火が強くなったから、酸素が出た。磨いたら銀色に光った。銀色だから、銀ではないか。	加熱すると白くて輝く物と、酸素ができた。金属ではないものから、金属ができた。	金属……電気を通し、金属光沢がある。酸素……線香の火が激しく燃えた。もとの固体は、金属ではない。	線香の反応より、気体は酸素である。固体は、金属光沢があり、電気を通すことから、金属であることがわかる。	火のついた線香を入れるとよく燃えたので、たまった気体は酸素である。金属光沢ができて、電流が通ったことから金属ができた。
⑤ IV	水に電流を流したときの化学変化を説明しよう。	陽極側は、線香の火が激しく燃えたことから、酸素に変化したとわかった。陰極側は、マッチの火を近づけると爆発したことから、水素に変化したとわかった。	陰極：泡がたくさん出てきた。陽極の2倍。マッチの火でボンッ=水素。 陽極：線香の火は激しく燃えた。=酸素		電気の力によって、水が水素と酸素に分解された。	水に電流を流すと、水素と酸素ができる。
⑩ V	青色(塩化銅)の水溶液に電流を流したときの化学変化を説明しよう。	陽極：C ₁₂ においがきつい。陰極：Cu磨くと禁則光沢。赤っぽい色。溶けていた結びついた2つのものが、電気を流すと分解された。				陽極：プールのにおいがしたことから塩素(C ₁₂)泡がたくさん出た。陰極：赤茶色の固体が出てきたこと、光沢が出てきたことから銅(Cu)泡は少しも出てこなかった。 ↓ 塩化銅?
⑪ VI	ある固体(炭酸アンモニウム)を加熱したときの化学変化を説明しよう。			A：とても早く溶けた アンモニア B：水にとけると酸性を示し、CO ₂ より水にとける気体 C：二酸化炭素水	刺激臭があり水によく溶けアルカリ性 →アンモニア 二酸化炭素 水	A：アルカリ性 B：酸性 C：二酸化炭素 固体はなくなった。水ができた。 BとCは同じ物質?

時	課題	6 班	7 班	8 班	9 班	10 班
① I	ホットケーキの生地 (B T B) にタンサンを入れたとき (A) と入れないとき (B) のちがいは何か	タンサンで変化したもの ・体積 ・性質	タンサンが何らかの作用をもたらして色を変化させ、穴もあけた	タンサンが加熱されたことにより、中和され中性になる。	タンサンが空気にくっついた	Aは穴があいてふくらみ、Bは穴があかず、ふくらまない
② II	タンサンを加熱したとき、どんな変化が起きているか。ホットケーキにタンサンを入れるのは何のためか。	加熱すると二酸化炭素・水・固体の3種類になる。生地をふくらませる。	タンサンは加熱すると3種類の物質になった。つまり、分解された。 1→(分解)→3物質がふえるからその分体積がふえてふくらむから。 ※4	3種類のちがう物質になった。(水・二酸化炭素・強いアルカリ性の固体)体積をふやして生地をふくらませるため。	加熱すると気体や液体が発生し、加熱した物質の性質が変わる。出てくる気体とともに、生地をふくらませるためにホットケーキの材料として使っている。	タンサンには二酸化炭素や水が含まれていることがわかる。熱して残った固体とは、タンサンとは性質がちがう。熱すると別の物質になることがわかる。
③ III	ある物質(酸化銀)を加熱したときの化学変化を説明しよう。	熱するとできた物質は電流を通じたので、金属になった。線香が激しく燃えたので、酸素も出た。	もとの物質は金属ではない。加熱すると、金属と酸素に分解された。		できた固体は、色も変わり、性質も変わり、光沢も出たことがわかった。	線香の反応から、酸素が発生した。固体の性質は、変化した。
⑤ IV	水に電流を流したときの化学変化を説明しよう	陰極→水素 陽極→酸素 水が電気を通すことで、水素と酸素に分解された。	細かい泡がポコポコ。炭酸飲料の炭酸が抜ける感じ。陰極で水素、陽極で酸素が発生した。水が、分解された。	陽極→酸素発生 陰極→水素発生 気体が発生するのは、陰極の方が早かった。		
⑩ V	青色(塩化銅)の水溶液に電流を流したときの化学変化を説明しよう。	陽極：泡が出てきた。プールのにおいの気体。塩素? Cl ₂ 陰極：黄土色の固体がついた。金属光沢がある。銅? Cu			陽極側：電気を流すと、すぐに気体が発生した。プールのにおいがしたので、塩素が発生した。陰極側：少しずつ茶色の固体が付着した。こすったら金属光沢が出たので、色からして銅が発生した。	陽極：Cl ₂ 塩素気体がプールの消毒のにおいのような感じだったので、塩素が発生した。陰極：Cu銅が出てきた固体をこすったら、金属光沢が出てきたこと、色が赤茶色だったので、銅が発生した。
⑪ VI		A：アルカリ性 B：酸性 C：二酸化炭素 水		A→青くなったアンモニア B→黄色くなった酸性 C→白くにごった二酸化炭素	白い固体はだんだん見えなくなった。水が出た。フラスコでは、アルカリ性の物質+酸性の物質+二酸化炭素	

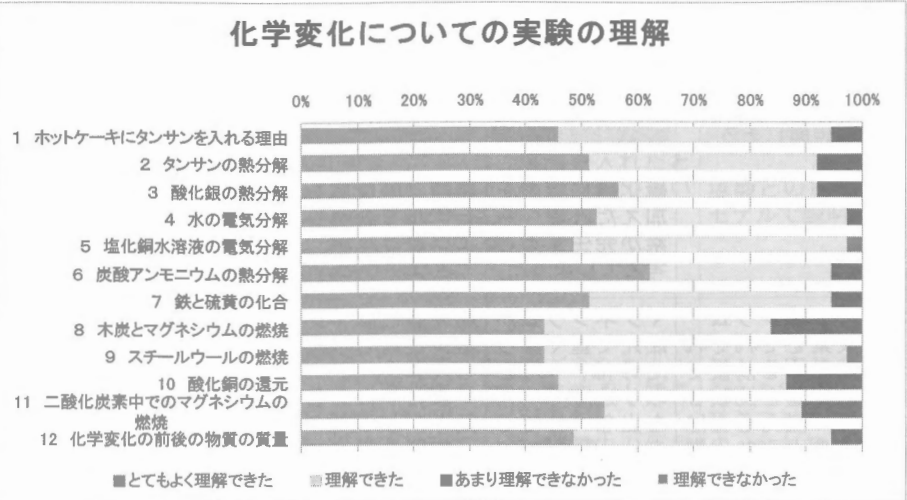
時	課題	1 班	2 班	3 班	4 班	5 班
13 VII	鉄と硫黄の混合物と加熱後の物質の性質を比較して、化学変化を説明しよう。	 <p>塩酸との反応もモデルで説明</p>	 <p>塩酸との反応もモデルで説明。混合物に塩酸を入れたときには、硫黄も反応すると考えていた。</p>	<p>加熱後の物質は加熱前の物質とちがう性質を持っている。</p> <p>混合物に塩酸を入れたときには、硫黄も反応すると考えていた。</p>	<p>加熱後の物質は加熱前の物質とちがう性質を持っている。→磁石に反応しない。塩酸を入れたときの反応の違いから。</p>	 <p>塩酸との反応もモデルで説明</p>
14 VIII	マグネシウム・炭素をそれぞれ加熱する前後での質量を比較して、燃えるとはどのような化学変化であるか、考えよう。	<p>Mg : 空気中の何かが結びついて、質量が増えた。 C : 木炭の中の何かが気体になって出て行ったから、質量が減った。 ※ 6</p>	<p>Mg : 熱することによって何かが結びつき、質量が増えた。助燃性のある酸素ではないか。 C : 熱することにより何かが結びつき、質量が減った。</p>	<p>Mg : 金属だから二酸化炭素は出ない。何かの気体と結びついて、ちがう物質になった。 C : 炭素が空気中の酸素と結びついて二酸化炭素になった。</p>	<p>マグネシウム : 加熱すると質量が増えた → 空気中の何かが結びついた。 木炭 : 加熱すると質量が減った。 → 木炭が分解され、空気中に何かが出て行った。</p>	<p>Mg : 空気中の何かを取り入れ、結びついた。 C : 水が抜けて空気中に逃げた。 ※ 7</p>
18 IX	二酸化炭素の中でマグネシウムは燃えるか	<p>→少し燃えて消えた 残った酸素の位から CO2 運元の 試験管に付いたものはすず(鉛)の 酸素</p>	 <p>※ 8</p>	<p>二酸化炭素が還元されて取り除かれた酸素の一部がマグネシウムを酸化させ、酸化マグネシウムができ、残った酸素が炭素を酸化させて二酸化炭素ができ、さらに余った炭素が試験管についた。</p>	<p>点火したマグネシウムを二酸化炭素の中に入れて、「カタン」という音を立てて燃えた。でも、よくわかりません。</p>	<p>二酸化炭素が還元して、残った酸素とマグネシウムが酸化した。それで炭素が余った。</p>
19 X	A : 塩酸と炭酸水素ナトリウム B : 硫酸と水酸化バリウム水溶液 反応のようすと化学変化の前後の質量の変化を調べ、化学変化を説明しよう	<p>1年生の時のことから A : 溶けても NaHCO_3 がなくなったわけではないから、質量は変化しない。ふたを開けたとき気体が逃げ、質量が減った。 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ B : 質量は変わらない。単純に混ぜ合わせただけ。でも、酸性とアルカリ性のものを混ぜ合わせたので塩と水ができた?</p>	 <p>硫酸の化学式 H_2SO_4 は、学習していない。</p>	<p>A : 実験前 > 実験後 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ B : 実験前 = 実験後 硫酸 + 水酸化バリウム = 水 + 硫酸バリウム</p>	<p>A : 塩酸 + 炭酸水素ナトリウム → 気体と液体ができた。ふたを開けると発生した気体が外に逃げたから、質量が減った。 B : 硫酸 + 水酸化バリウム水溶液 → 質量は変わらなかった。白くにごり、硫酸バリウムの沈殿ができた。</p>	<p>A : 泡が出たことから気体が出たことがわかる。ふたを開ける前は、気体は中にあるから質量は変わらない。ふたを開けると、気体が空気中に逃げていき、質量は減る。 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ B : 変化しない。B でできたのは固体なので、気体のように空気中に出て行かないので変化しない。</p>

時	課題	6 班	7 班	8 班	9 班	10 班
⑬ VII	鉄と硫黄の混合物と加熱後の物質の性質を比較して、化学変化を説明しよう。	 <p>硫化鉄に塩酸を加えたとき、水素が発生すると考えてしまった。</p>	 <p>塩酸との反応もモデルで説明しようとしたが、できなかった。</p>	<p>鉄と硫黄を加熱したら、化合して別の物質になった。 →色が変わったり、磁石の反応の違い、刺激臭がしたことから、できた物質は、硫化鉄。</p>	<p>加熱によって鉄と硫黄は化合して硫化鉄になった。加熱前の物質は、塩酸を入ると水素が発生。加熱後は、硫化水素が発生した。</p>	<p>加熱していない方は硫化鉄にならない。気体は水素。加熱すると、鉄と硫黄が化合して硫化鉄になり、塩酸を加えると硫化水素が発生。</p>
⑭ VIII	マグネシウム・炭素をそれぞれ加熱する前後での質量を比較して、燃えるとはどのような化学変化であるか、考えよう。	<p>マグネシウムが燃えて重くなったのは、O₂を取り込んで、何も出ないのでその分、重くなる。木炭が燃えて軽くなるのは、O₂を取り込んで炭素とくっつけてCO₂として出したから。</p>	<p>燃えるとはマグネシウムも木炭も火がついた→まわりにある気体に何か関係？→物質を燃やす働きがある気体→酸素→燃えるということは酸素が関係している。</p>	<p>Mg：燃えた＝酸素と結びついて、質量が増えた。 C：木炭の炭素と酸素がくっついて二酸化炭素になり、質量が減った。</p>	<p>Mg：質量が増えた。 ＝空気中の何か（酸素？）と結びつき、別の物質になった。 C：質量が減った。 ＝何か（二酸化炭素）が気体となって抜けた。</p>	<p>Mg：燃焼して空気中の酸素と結びつき、その分質量が増えた。 C：木炭は炭素をふくんでいて、燃焼することによって空気中の酸素と結びつき二酸化炭素になり空気中に逃げた。</p>
⑯ IX	二酸化炭素の中でマグネシウムは燃えるか	<p>Mg + CO₂ → MgO C + MgO C：黒くなったところ MgO：白いところ ※9</p>	<p>マグネシウムを二酸化炭素の満たされている試験管に入れると白くなった。つまり、二酸化炭素が還元を起こし、酸素とマグネシウムが酸化して酸化マグネシウムとなった。（色からもわかる）</p>		<p>二酸化炭素から酸素原子が取り除かれた。炭素よりマグネシウムの方が酸化しやすいことがわかった。二酸化炭素は還元して炭素になり、マグネシウムは酸化して酸化マグネシウムになった。だから、二酸化炭素の中でもマグネシウムは燃えた。 ※10</p>	
⑰ X	A：塩酸と炭酸水素ナトリウム B：硫酸と水酸化バリウム水溶液 反応のようすと化学変化の前後の質量の変化を調べ、化学変化を説明しよう	<p>Aでは、二酸化炭素・水・塩化ナトリウムができるが、ペットボトル内の原子の種類や数は変わらないので、質量は変わらない。ふたを開けると、二酸化炭素が出る。 Bでは、気体が発生しないので、質量は変わらない。</p>	<p>Aは気体が発生した。ふたを開けたときにその発生した気体が空気中に逃げたので質量が減った。 NaHCO₃ + HCl → CO₂ + H₂O + NaCl Bは気体が発生しなかった。</p>	<p>A：たくさんの気体が発生したが、質量が増えたわけではない。ふたを開けたときに、質量が減ったのは、気体が外に出たから。 B：Aのように泡が出ることなく、白くにごっただけのため、気体が発生したわけではない。</p>	<p>Aの化学変化で気体が出たので、キャップを開けたとき質量が減った。NaClができています。 Bは、質量が減っていないので、気体は出なかった。</p>	

4 研究の成果

資料10

本単元の学習の終わりに、生徒にアンケート調査を行った。資料10は、資料6で班の話し合いの様子を紹介したクラスの、実験についての理解の程度を調査した結果である。いずれの実験についても、「とてもよく理解できた」と「理解できた」と答えた生徒の割合は



90%付近にあり、理解度は高いと言える。また、「とてもよく理解できた」と答えた生徒の割合は、50%付近にある。その中において、活用型学習として取り入れた「6 炭酸アンモニウムの熱分解」と「11 二酸化炭素中でのマグネシウムの燃焼」の理解度が高いことが、興味深い。この単元で行った活用型学習は、化学変化に見られる現象を、事実をもとに類推して化学変化を説明するというものであったが、単純にわかるものではないために生徒の関心を高め、科学的に思考することで理解が深まったのではないかと考える。

資料11 活用型学習についての生徒の感想

5 塩化銅水溶液の電気分解

- 水溶液は透明でも金属（銅）が分解されて出てきたので、塩素と銅が結びついて水にとけると、たとえ片方が金属でも透明になることがわかった。
- 発生した塩素と銅から、最初の物質は塩化銅水溶液であることを考え出した。分解前の水溶液のきれいな青色とできた銅の赤茶色の色の違いが印象的で、化学変化によって、物質が全くちがう物質になることがよくわかった。

6 炭酸アンモニウムの熱分解

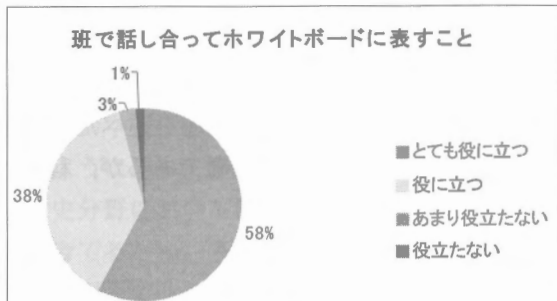
- 固体を加熱したが、その固体が何かわからない、そしておきた現象を自分の知っていることから説明するというので、説明が楽しいということを学んだ。
- 推理するところがおもしろくて、自分なりの意見も出すことができたので良かった。
- 授業で考えていくうち、今まで習ったことと結びつけて考えればいいことがわかった。そういう力が足りなかったことに気づいた。
- もとの物質が何か全く想像のできない状態で真相を明らかにしていったが、これまでの実験の考えを応用させて班で協力して何とかできた。自分は発表をするということ、より理解を深めなければならなかったが、自分なりに発表をすることができた。
- この実験で、アンモニアの水への溶けやすさを改めて知った。
- B T B溶液の色が2つのフラスコで違っていることに、びっくりした。アンモニアは本当に水に溶けやすいことが目に見えた。

11 二酸化炭素中でのマグネシウムの燃焼

- 二酸化炭素の中では、物質は燃えないと思っていたから、マグネシウムが燃えたのは衝撃的で印象に残った。
- 二酸化炭素の中で物質が燃焼するなんて、考えてもみなかったのでとても不思議だった。しかし、理由がしっかりとあったのでとても印象的だった。
- 酸素の結びつきやすさで考えると、二酸化炭素の中でも燃焼することがわかったので驚いた。

また、アンケートでは、「化学変化の物質をモデルを使って表すこと」と「班で話し合っってホワイトボードで表すこと」が学習の役に立ったかを調査した。資料12・資料13は、平成20年度本校2年生158名の結果である。「とても役に立つ」と「役に立つ」と答えた生徒の合計は、どちらも95%を超えており、モデルで表すことも班で話し合うことも、学習にとっても有効であったことがわかる。

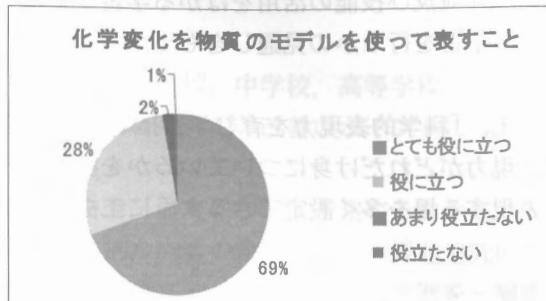
資料12



役に立つと思う理由

- ・わからない化学変化の時も、モデルを使うことである程度予想をすることができる。
- ・頭の中で、整理して考えることができ、化学反応式の学習につながられた。
- ・原子の数が確認できるし、化学変化もわかりやすくなる。
- ・化学反応式を学ぶ前でも、モデルで模式的に表すことがわかりやすかった。
- ・化学変化の形がよくわかったし、何ができるかもわかりやすかった。
- ・見えないものを大きく表すことができた気がするから。
- ・どんなものが入っているか、どんなものが出てくるのか、視覚的に考えることができたから。

資料13



役に立つと思う理由

- ・自分や自分の班の意見だけでなく、他の班の意見も聞いて、内容をもっと深く考えることができた。
- ・自分たちで考えたり、話し合ったりしたことが、きちんと頭に入ると、勉強もおもしろくなる。
- ・表現力がきたえられる。
- ・自分一人ではわからない問題も、みんなで話し合うことによって理解でき、「なぜこのような変化になるか」を理解できた。
- ・自分の考えをまとめて表現する力がついた。
- ・他の人や班の意見も聞けたし、新たな疑問も生まれたから。
- ・それぞれの班の異なるアプローチのホワイトボードを見て、いろいろな方向からその実験について考えられた。
- ・説明を他の人にするとき、自分がよく理解していないとできないから。

5 今後の課題

(1) 視点① 自分の考えや班で話し合ったことを発表する学習形態

ホワイトボードを有効に活用することにより、クラス全体で学びを深めることができることがわかってきた。生徒一人一人の科学的な表現力が伸びていけば、ますます学びは深くなると思われるので継続的に話し合いをさせたいと考える。しかし、どんな課題について話し合わせるとより科学的表現力が伸びるのかは、今後の課題である。また、各班が発表した内容をクラス全体で深めていくとき、現在は教師側が導いているが、生徒の討論によって深まることが理想であるので、探っていきたい。

(2) 視点② モデルを使って説明する場の設定

本単元は、化学的な事物・現象について、目に見える物質の性質や反応を目に見えない原子・分子の概念を用いて統一的に考察する内容構成になっているので、単元を通して原子・分子のモデルを使って表現することが容易であった。「電流」の単元では、電流についての現象を水流モデルで説明できるようにしたが、電流についての現象は、数値では表されるが実感を伴うことが難しいので、より抽象的なモデルで表現することは困難なことが多く、単元を通してモデルで表現させることは難しかった。しかし、モデルで表すことは、科学的な表現力を身につけるために

とても有効であると考えるので、単元構成を考えた上で、モデルをどのように扱えばよいのか考えていきたい。

(3) 視点③ 基礎的・基本的な知識及び技能を活用する活用型学習を取り入れた単元構成の工夫

新学習指導要領において、生徒の思考力、判断力、表現力等を育む観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用をはかる学習活動を重視することとなった。今後、どの場面でどんな活用型学習を行うかの見通しをもった単元構成が必要となってくる。

以上、「科学的表現力を育む学習指導」における研究の視点について、今後の課題を述べた。科学的表現力がどれだけ身についているかを測ることは難しいことなので、検証は困難であるが、科学的に表現する場を多く設定できるように工夫して、さらに探っていききたいと思う。

参 考 文 献

- ・工藤文三(2008),『新学習指導要領 全文とポイント解説』教育開発研究所
- ・清水 誠・中道貞子(2009),『平成20年改訂中学校教育課程講座 理科』ぎょうせい
- ・浅沼 茂(2008),『「活用型」学習をどう進めるか』教育開発研究所
- ・「平成16年度 教育実践記録 「わかる」「できる」実感が生まれる理科学習のあり方」 北方町立北方中学校
(<http://www.town.kitagata.gifu.jp/~kitatyuu/sensei/mutou/rika/ronbun/H16-jissenn.pdf>)
(2008/9/20アクセス)
- ・「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)」(2008), 中央教育審議会 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2008/12/18/20080117.pdf) (2009/05/06最終アクセス)

(たかはし さとみ 理科 s-takahashi420@edu.shimane-u.ac.jp)