

## 事例2 探究の過程において、解決する方法を立案し、その結果を分析して解釈する事例

○学年 第2学年

○主な領域 粒子 (4)化学変化と原子・分子

○事例のポイント

- ①知識構成型ジグソー法を用いて、生徒が探究活動を対話的に遂行できるようにする。
- ②自らが考えた方法で実験を行うことで、探究活動を主体的に遂行できるようにする。
- ③立案の過程で使用した教材教具を活用しながら、実験結果を分析、解釈することで生徒の思考を深めることができるようにする。
- ④ICT端末を用いて情報を共有し、生徒が思考する場面で活用できるようにする。

### 1 単元名 「化学変化」 第2学年

(解P46) 中段「ここでは」以降の文を参考

### 2 単元について

本単元では、理科の見方・考え方を働かせ、化学変化についての観察、実験などを行い、化学変化における物質の変化やその量的な関係について、原子や分子のモデルと関連付けて微視的に捉えさせて理解させるとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けさせ、思考力、判断力、表現力等を育成することが主なねらいである。

思考力、判断力、表現力等を育成するに当たっては、化学変化について見通しをもって課題を解決する方法を立案して観察、実験などを行い、原子や分子と関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における物質の変化やその量的な関係を見いだして表現させるようにすることが大切である。

(解P49) 下から13行目「ここでは」以降の文を参考

### 3 単元の目標

この単元では、物質の酸化や還元の実験を行い、酸化や還元は酸素が関係する反応であることを見いだして理解させる。

金属を酸化したり金属の酸化物を還元したりして生成する物質を調べる実験を行い、酸化と還元は酸素をやりとりする逆向きの反応であることに気付かせて理解させる。その際、酸化や還元を原子や分子のモデルを用いて考察させ、反応の前後では原子の組合せが変わることに気付かせる。

### 4 単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
化学変化を原子や分子のモデルと関連付けながら、化学変化、化学変化における酸化と還元、化学変化と熱についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	化学変化について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行うことができる。さらに原子や分子と関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における物質の変化を見いだして表現している。また、探究の過程を振り返っている。	化学変化に関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

### 5 指導と評価の計画 (記録：全生徒の学習状況の記録をとり、総括につなげるもの)

時間	ねらい・学習活動	重点	記録	備考
1	・鉄と硫黄を反応させる実験を行い、反応前とは異なる物質が生成することを見いだす。 編 P76 指導計画作成の留意事項(2)	思	○	・反応前後の物質の性質を比較し、別の物質が生成していることを見いだして表現している。(記述分析)

2	・化学変化を原子や分子のモデルと関連付けて理解する。	知		・化学変化の様子を原子や分子のモデルを用いて説明している。
3	・物質が酸素と結びつく反応を原子や分子のモデルと関連付けて考察し、理解する。	知	○	・酸素が結びつく化学変化の様子を原子や分子のモデルを用いて説明している。(記述分析)
4	・金属の酸化物から酸素を取り除くにはどうしたらよいか仮説を立てる。 編P76 指導計画作成の留意事項(2) (3) (6)	思	○	・酸化銅から酸素を取り除くにはどうしたらよいか仮説を立てている。(記述分析)
5	・前時の仮説を基に班ごとに実験を行い、酸化銅から酸素を取り除く方法を見いだす。 編P76 指導計画作成の留意事項(2)	態	○	・酸化銅から酸素を取り除く方法について進んで考え、見通しをもったり、振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。(記述分析)
6	・酸化物から酸素を取り除く反応を原子や分子のモデルと関連付けて考察し、理解する。	知		・酸化物から酸素を取り除く化学変化の様子を原子や分子のモデルを用いて説明している。
7 ・ 8	・化学変化の前後で温度を測る実験を行い、化学変化には熱の出入りが伴うことを見いだす。 編P76 指導計画作成の留意事項(2) (6)	思	○	・反応前後の温度の違いから、化学変化には熱の出入りが伴うことを見いだして表現している。(記述分析)

## 6 本時の学習指導 (本時 4・5 / 8時)

### (1) 第4時 (1コマ目) の学習指導

#### (ア) 目標

〈思考力、判断力、表現力等〉金属の酸化物から酸素を取り除くにはどうしたらよいか仮説を立てることができる。

#### (イ) 展開

学習活動	教師の働きかけ (○) と 予想される生徒の反応 (・)	指導上の留意点 (・) 評価規準 (◇)
1 金属の歴史について知る。	○人類によって金属が利用されてきた歴史を説明する。 編P76 指導計画作成の留意事項(3)	・1学年社会で学習した金属の歴史についても触れる。
2 本時の課題を知る。	【課題】酸化銅から酸素を取り除き、銅を取り出すにはどうすればよいだろうか？	
3 自分の考え(素朴概念)を記入する。	○酸化銅から酸素を取り除く方法を考えさせる。 ・酸化銀のように加熱すれば酸素を取り除けるのではないか。 ・水の電気分解のように電気を流せばよいのではないか。 編P76 指導計画作成の留意事項(2)	・既習事項を意識させる。 事例のポイント① 知識構成型ジグソー法を用いて、生徒が探究活動を対話的に遂行できるようにする。
4 ジグソー活動を行うグループを確認する。	○3～4人のグループを組み、担当する資料を確認させる。	・あらかじめ3～4人のグループを組んでおき、担当する資料を決めておいてもよい。
5 エキスパート活動のグループに分かれ、担当の資料を読み込む。	○担当する資料A～Cに別れ、資料を読み、テーマについてまとめさせる。	・ジグソー活動のグループに戻ったときに、一人一人が説明できるように留意する。

<p>6 ジグソー活動を行う班に戻り、資料を発表する。</p> <p>7 本時のまとめ(クロストーク)を行う。</p> <p>8 自分の考えを記入し、本時を振り返る。</p>	<p>&lt;資料&gt;</p> <p>A 製鉄の仕組み (ICT端末使用可)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酸化鉄から酸素を取り除くために炭素を入れ加熱している。酸化鉄の酸素と炭素が化合し、二酸化炭素と鉄ができる。</li> </ul> <p>B 酸素との結び付きやすさは?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酸素との結び付きやすさには違いがある。</li> <li>Mg→C→Fe→Cu の順で酸素と結び付きやすい。</li> <li>Cu→Fe→C→Mg の順で酸素がうばわれやすい。</li> </ul> <p>C 鉄と硫黄の化合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>硫黄と鉄をよく混ぜ合わせることでより、たくさんの硫黄と鉄が接するようになり、化合しやすくなる。</li> </ul> <p>○ジグソー活動のグループで資料A→B→Cの順番で発表させ、課題について考えさせ、ICT端末等にまとめる。</p> <p>○いくつかのグループに発表させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酸化銅に炭素を入れて加熱すればよい。</li> <li>酸化銅にマグネシウムを入れて加熱すればよい。</li> <li>2つの物質をよく混ぜ合わせる必要がある。</li> </ul> <p>○話し合いを基に、再度、課題について個人で考え、振り返る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>話し合いが進んでいないグループには適宜アドバイスをしたり、他のグループの話し合いを聴かせたりさせる。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">       事例のポイント④        ICT端末を使用することで同時編集が可能であり、効率良くまとめることができる。     </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>自分の担当した資料は他の人には見せないことを確認する。</li> <li>話し合いが進んでいないグループには適宜アドバイスをしたり、他のグループの話し合いを聴かせたりする。</li> <li>一人一人のICT端末に資料を提示し、発表を聴かせる。</li> <li>まとめは教師の言葉では行わず、生徒の言葉でまとめられるようにする。</li> </ul> <p>◇【思・判・表】酸化銅から酸素を取り除く方法についての仮説を立てている。(全生徒記録・記述)</p>
---	---	--

編P76 指導計画作成の留意事項(1)

(2) 第5時 (2コマ目) の学習指導

(ア) 目標

<学びに向かう力、人間性等> 金属から酸素を取り除く方法について、前時の内容を基に、原子同士の結び付きやすさに着目して考えようとしている。

(イ) 展開

学習活動	教師の働きかけ (○) と 予想される生徒の反応 (・)	指導上の留意点 (・) 評価規準 (◇)
1 前時の学習内容を振り返る。	○前時に考えた実験の方法を確認する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>酸化銅に炭素を入れる。</li> <li>酸化銅と炭素をよく混ぜる。</li> <li>加熱する。</li> </ul>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">             事例のポイント②              自らが考えた方法で実験を行うことで、探究活動を主体的に遂行できるようにする。           </div>
2 実験の方法を知る。	○考えた実験方法の中から安全に実験が行える方法を提示する。	安全上の課題は教師が積極的に支援して解消させる。
3 実験を行う。	○実験を行わせる。	・薬品の質量は教師が提示する。

編P76 指導計画作成の留意事項(2)

<p>4 各実験班の結果を共有し考察する。</p> <p>5 本時のまとめをする。</p> <p>6 振り返りをする。</p>	<p>事例のポイント④ ICT端末を用いて情報を共有することで、より正確な結果を得ることができる。</p> <p>○各実験班の結果をクラス全体で共有し酸化銅から酸素を取り除く方法と根拠を考察させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>酸化銀は加熱するだけで酸素を取り除くことができたが、酸化銅はできない。</li> <li>銅より酸素と化合しやすい物質を加えることで酸素を取り除くことができる。</li> <li>よく混ぜたことで、化学反応が起こりやすくなる。</li> </ul> <p>事例のポイント③ 立案の過程で使用した教材教具を使用しながら、実験結果を分析、解釈することで、予想と結果を比較でき、生徒の思考を深めることができる。</p> <p>銅より酸素と化合しやすい物質を加え、加熱すると、酸化銅から酸素を取り除くことができる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>結果はレポートの他にICT端末上にも記入させ、確認できるようにする。</li> <li>採用されなかった実験方法にはどのような改善点があるか考えさせても良い。</li> <li>前時で使用した教材教具（原子のモデル）を使用し考察させる。</li> </ul> <p>◇【態】酸化銅から酸素を取り除く方法について進んで考え、見通しをもったり、振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。（全生徒記録・記述）</p>
---	--	---

編P76 指導計画作成の留意事項(2)

(3) 板書計画 (略)

7 実践をする上でのポイントと考察

事例のポイント①

知識構成型ジグソー法の手法は教育環境デザイン研究所 CoREF が開発した学習法で行っている。

**ステップ0** 問い（課題）を設定する。  
単元での「問い（課題）」は、既に知っていることや、3つか4つの知識を部品として組み合わせることで解けるものになるように設定し、必要な資料を準備する。

**ステップ1**  
問いに対しての自分なりの考えを書く。

**ステップ2** (エキスパート活動)  
同じ資料を読み合うグループを作り、その資料に書かれた内容についてグループで意味を深めることで、その資料の専門家になる。

**ステップ3** (ジグソー活動)  
違う資料を読んだ人が一人ずついる新しいグループに組み替え、ステップ2で意味を深めた資料の内容を自分の言葉で説明する。他のメンバーの説明も聞き、理解が深まったところでそれぞれの知識を組み合わせ、問い（課題）への答えを作る。

**ステップ4** (クロストーク)  
答えが出たら、根拠も含めてクラスで発表する。一人ひとりが自分なりのまとめ方を吟味する。

**ステップ5**  
一人で問いに対する答えをもう一度考える。

※3つのエキスパートグループに分かれる場合

The diagram illustrates the Jigsaw method process:

- ジグソーグループ (Jigsaw Groups):** Three groups, each containing three members labeled A, B, and C.
- エキスパートグループ (Expert Groups):** Three groups where members with the same letter (A, B, or C) from different jigsaw groups meet to become experts on their respective topic.
- ジグソーグループ (Jigsaw Groups):** The groups are reformed so that each group now contains one expert from each of the three original groups (A, B, and C).
- クロストーク (Cross-talk):** The final stage where all members share their expertise and work together to solve the original problem.

(参考) 教育環境デザイン研究所 / CoREF (ni-coref.or.jp)

知識構成型ジグソー法を用いることにより、生徒が課題を自分ごととして捉え、主体的・対話的に探究することが容易になる。また、還元の実験のみを行った場合は「酸化銅を還元するためには炭素を含む物質を使う」という概念だったものが、「酸化銅を還元するためには銅より酸素と結び付きやすい物質を使う」という概念に変化したことから、生徒の深い学びにつながったと言える。生徒の実態によっては、解決する方法を立案するまでに2時間必要となる場合がある。

資料A 製鉄の仕組み ※タブレットを使用して調べる

鉄は下の図のような溶鉱炉(ようこうろ)を使用して作られています。主な材料は鉄鉱石(てつこうせき)とコークスです。

<課題①> 鉄鉱石の主成分は何か。

<課題②> コークスとは何か。

<課題③> 溶鉱炉の中ではどのような化学反応が起きているのか予想して、書いてみよう。(化学反応式でなくてもかまいません。)

<課題④> 鉄鉱石とコークスを混ぜ合わせる他にどのような操作をすると鉄を得ることができるか。

資料A  
酸化鉄を還元するためにコークス(炭素)を使用すること、還元するために加熱する必要がある。ということを提示する資料。

<資料Aに対する生徒の学習プリント>  
インターネット等を利用し、鉄鉱石とコークスを混ぜたものに、酸素を加えながら加熱するということを導き出している。

酸化鉄の酸素と炭素がくっついて二酸化炭素ができる。鉄がのこる。  
1200℃の熱風を酸素とくっつけていって鉄鉱石をとくす。

資料B 酸素が結びつきやすい物質はどれだろう？

物質によって酸素の結びつきやすさや酸素のばわれやすさに差があります。さまざまな実験をしたところ下の表のような結果になりました。動画を見て課題に答えよう。

	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
C		FeとCO <sub>2</sub> ができる
Fe	変化しない	
Mg	CとMgOができる	FeとMgOができる

<課題①>  
結果を見て、C・Fe・Mgの3種類の物質について、酸素と結びつきやすい順に並べよう。ちなみに、CuはC・Fe・Mgどの物質よりも酸素と結びつきにくい物質です

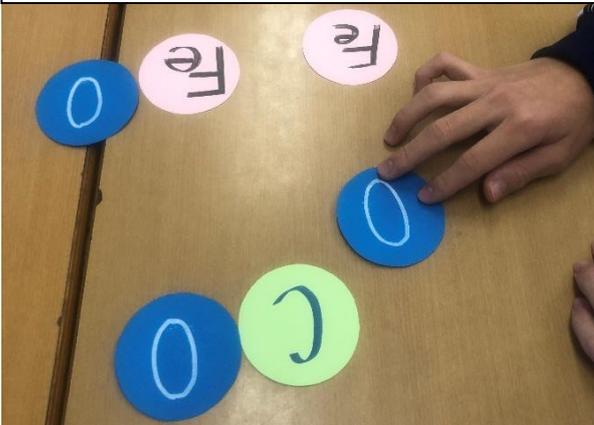
酸素と結びつきやすい □ - □ - □ - Cu

<課題②>  
結果を見て、C・Fe・Mgの3種類の物質について、酸素と結びつきやすい順に並べよう。ちなみに、CuはC・Fe・Mgどの物質よりも酸素と結びつきにくい物質です

酸素がうばわれやすい Cu - □ - □ - □

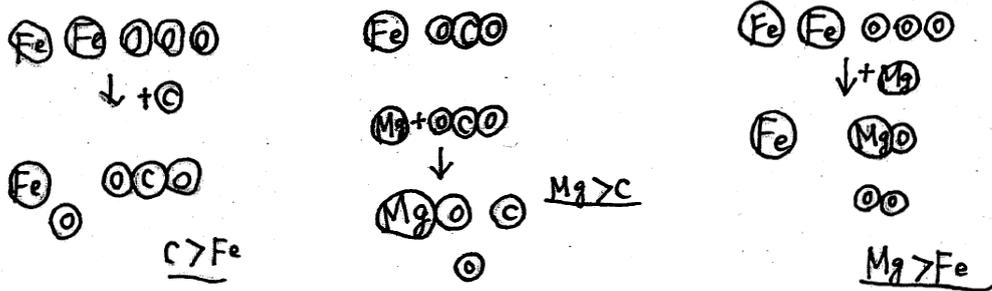
うばわれにくい

資料B  
酸素との結びつきやすさは物質によって違い、炭素、マグネシウム、鉄は銅より酸素と結びつきやすいことを提示する資料。



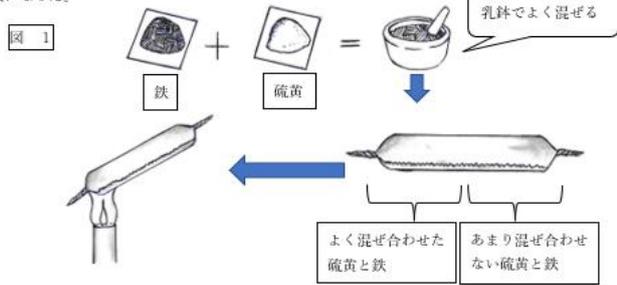
資料Bを読み解く班には画用紙で作った原子モデルを使い、原子のモデルを動かしながら考えさせた。酸素原子の移動をイメージでとらえることができた。

酸素との結び付きやすさについて、原子のモデルを書いて考えている。



資料C 鉄と硫黄の混合物を加熱すると？

下の図1のように乳鉢を使って、鉄と硫黄をよく混ぜ合わせたものをアルミホイルに半分詰め、もう半分にはあまり混ぜ合わせない鉄と硫黄を入れ、ガスバーナーで加熱して反応させたところ写真のような結果になった。



<課題①> この実験で起こっている化学反応を化学反応式で答えなさい。

<課題②> 「A 良く混ぜ合わせた硫黄と鉄」と「B あまり混ぜ合わせていない硫黄と鉄」を原子のモデルで表してみよう。

A

B

<課題③> あまり混ぜ合わせない硫黄と鉄で化学反応が起きなかったのはなぜか。

資料C

化学反応を起こすためには2種類の物質をよく混ぜ合わせる必要があることを提示する資料。

<資料Cに対する生徒の学習プリント>

鉄と硫黄を原子のモデルで表し、原子の触れ合う面に着目して化学反応の起き方について説明している。



混ぜ合わせた方は、全体的に反応が起こるけど、混ぜ合わせない方は、鉄と硫黄の境目しか反応しないので差が出た

<ジグソー活動前後の生徒の考えの変化>

活動前

活動後

酸化銅を加熱する

酸化銅を熱して酸素が取り除かれて銅になる

電流を流す

酸化銅に マグネシウムや鉄などの 銅よりも酸素が結びつきやすい物質を「よく混ぜて」加熱すれば、酸化銅の酸素が マグネシウムなどの物質に結びついて、酸素を取り除くことができるのではないかと考えた。

酸素が結びつきやすい順  
Mg > C > Fe > Cu

- ① 炭素が酸化するためには熱が必要。
- ② Mg < C < Fe の順で酸化しやすくなっている。
- ③ よく混ぜて加熱しないと結びつきにくい。

酸化銅とマグネシウムをよく混ぜ、完全に酸化し終わるまで加熱し、酸化マグネシウムと銅にする。

(Cu) 銅よりも酸化しやすい物質を結びつかせる

## 事例のポイント②

自ら考えた方法で実験を行うことで、探究活動を主体的に遂行できるようにするが、生徒の安全を確保するために、実験内容は教師が精選する。酸化銅と炭素の質量は教師が指定し、実験が滞りなく行えるようにする。質量に関しては、下の資料D（原子量とは？）を使用し、生徒に考えさせることも可能である。酸化銅を還元する方法を自分達で考えてから実験を行うので、目的意識をもって、主体的に実験に取り組むことができる。また、生徒が考えた方法で実験ができない場合は、なぜその方法で実験ができないのかを考えさせてもよい。

### 資料D 原子量とは？

原子1粒1粒には重さがあります。しかし、1粒ではとても小さいので一定の数（ $6 \times 10^{23}$ 個）の原子を集めて重さを表します。その重さを「原子量」と言います。それぞれの原子の原子量は下の表のようになっています。

原 子	原 子 量	原 子	原 子 量	原 子	原 子 量
H	1	C	12	N	14
O	16	S	32	Cu	64
Fe	56	Mg	24	Ag	108

また「分子量」というものもあります。「分子量」とは「原子量」をもとにして分子の重さを表したものです。例えば水（ $H_2O$ ）はHが2個、Oが1個で構成されているので、 $1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$ で分子量は18ということになります。

<課題①> 鉄と硫黄の混合物を加熱する実験でおこる化学反応式を書きなさい。

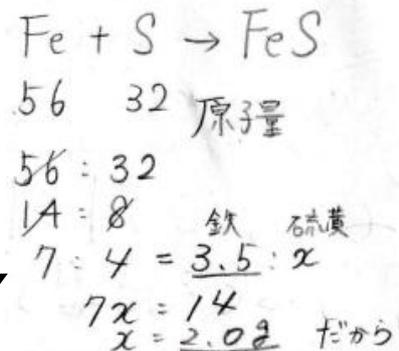
<課題②> 鉄と硫黄の混合物を加熱する実験では鉄3.5gに対し硫黄2.0gを混ぜ合わせた物を加熱した。なぜ、この質量で実験を行う必要があったのか「原子量」をもとに説明しなさい。

### 資料D

発展的に使用する資料。原子量を示すことで、酸化銅と還元するために入れる物質の質量を生徒に考えさせることができる。使用する場合はジグソー活動を行う班を4人班にする。

### <資料Dに対する生徒の学習プリント>

鉄と硫黄の原子量を比で表し、そこから鉄と硫黄の質量をもとめている。



## 事例のポイント③

実験方法を立案する過程で使用した教材教具（原子モデル）を活用しながら、酸化銅から酸素を取り除く方法を考察させた。酸化銅から酸素を取り除く方法の仮説を立てる際に使用した原子モデルを、実験後の結果を分析する場面で再度使用することで、自身の思考の過程を振り返り、科学的な思考の深まりを感じることができた。

## 事例のポイント④

第4時は、ジグソー活動でICT端末を使用してまとめを行った。ICT端末を使用することで、班員全員での同時編集が可能であり、対話しながら、効率よく資料をまとめることができる。クロストークの時には、一人一人のICT端末に各班の資料を映して発表を行ったが、大型モニターに資料を映して発表する方法も考えられる。

第5時は、ICT端末に加熱前後の試験管の中の粉末の色、発生した気体等の実験結果を入力し、各班の実験結果を共有した。全班の実験結果を共有することにより、より正確な結果を得ることができた。考察を考える際に、他班の結果を参考にしている生徒もいた。