

理科授業案

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-08-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 政宏 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/00026744

理科授業案

授業者 高橋 政宏

- 1 日時 平成30年10月12日(金) 第1時 10:15~11:05
- 2 学級 2年B組 (第1理科室)
- 3 題材名 「どうなっているの? クジャク石」

4 題材の目標

クジャク石から銅が生まれてくる現象に疑問をもった子どもたちが、分解や還元を中心とした化学変化を手がかりにクジャク石に含まれる原子が何であるかを特定していく活動を通して、原子の存在や、原子を用いて考えることの有用性を実感することができる。

5 題材観

(1) 見えない原子を実感する

私たちの身近には多様なものであふれていますが、そのすべてが原子という小さな粒でできています。原子は自然界に存在するもので92種類ですから、身近にあるもののほとんどが、たった92種類の原子の異なる組み合わせで存在していることとなります。(人工的に作ったものを含めると118種となり、将来さらに増える可能性もあります。)

しかし私たちは普段、様々なものが原子でできているということに気がつきませんし、原子が存在するという「実感」をもつこともありません。なぜならば、原子は小さすぎて目に見えないためです。では、どうして見えない原子が「存在する」と断言できるのでしょうか。

鉄を燃焼すると、燃焼した後は鉄ではない物質に変化します。このとき、質量は燃焼する前よりも、燃焼した後の方が増加しています。これは空気中の酸素が鉄と化合し、酸化鉄ができたためです。このことは「酸素や鉄は質量をもった小さな粒でできていて、それぞれが組み合わせを変えている」と考えれば矛盾なく説明がつかます。つまり、化学変化の前後における質量に注目することで、原子の存在に気づくことができるのです。この題材ではクジャク石の化学変化を様々な視点から考察します。化学変化について、原子を用いてしくみを説明したり、原子の組み合わせから予想を考えたりすることで題材を通して子どもたちに原子の存在を「実感」してほしいと考えています。

(2) 製銅とクジャク石

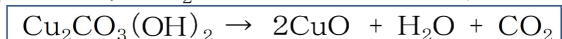
①クジャク石とは

クジャク石はマラカイトともよびます。宝石店などで取り扱いをしており、比較的手に入りやすい石です。

化学組成は $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ (塩基



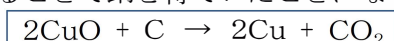
性炭酸銅)であり、Cu原子を含む化合物です。見た目はただの緑色の石ですが、加熱することによって、以下の化学反応式のようにCuO(酸化銅)、 H_2O (水)、 CO_2 (二酸化炭素)に分解されます。



分解されることによって取り出せる物質は中学生が理科の授業で扱うものです。したがって、クジャク石そのものは知らなくても、分解によって得られる物質からクジャク石に含まれる原子を科学的に推察することができます。

②製銅と科学

中国河南省の遺跡調査により、4000年前にはクジャク石が製銅に用いられていたことがわかっています。その際の精錬法は、クジャク石の入った鉢石と木炭を「將軍兜」と呼ばれる陶器のろつぽに入れ、炉中で加熱するという方法だったと言われています。4000年前から、以下の化学式に表されるように、クジャク石を加熱して得た酸化銅を炭で還元することで銅を得ていたこととなります。



しかしながら、当時の人々の製銅技術は生活体験や伝承によって確立されたものであり、科学と呼べるものではなかったと考えられます。

1774年にフランスの科学者ラボアジエが「質量保存の法則」、1799年にフランスの科学者プーレストが「定比例の法則」、1802年にイギリスの科学者ドルトンが「倍数比例の法則」を発表し、それらを経て、ドルトンが原子の存在を明らかにしました。原子の存在が確かなものとなったとき、初めて科学的に製銅のしくみを説明することが可能となりました。

現在では、銅は銅鉱石から取り出しており、銅鉱石に含まれるわずかな銅をより効率よく取り出す工夫がなされています。炭素による酸化銅の還元の方法は採用されていないものの、還元法は応用され

ています。この改良は経験や伝承によるものではなく、科学的な根拠に裏づけされたものであることは間違いありません。

③製銅と未来の製鉄

製銅における還元は製鉄にも応用され、現在の製鉄に活かされています。製鉄には鉄鉱石をコークスによって還元する方法がとられていますが、その際に多量の二酸化炭素を排出します。近年、地球温暖化を防止するために二酸化炭素の排出を抑える技術が急速に求められるようになってきました。そのような状況の中、日本においては鉄鉱石を水素で還元する方法が開発されています。水素での還元ならば排出するのは水だけです。このプロジェクトはCOURSE50（コース50）とよばれ、2030年頃までに技術を確立し、2050年までに実用化、普及を目指しているようです。

このような新技術は、これまでの科学の発展があるからこそ生み出されます。現代の地球環境と、製鉄の様子を「科学のまなざし」をもって見つめ、技術開発を進めることで、時代に合ったよりよい技術が生まれてくるものと考えられます。

(3) 本題材における教科ならではの文化

今回の題材においては、クジャク石に含まれる原子について、見通しをもちながら、計画を立てて実験を行い、考察し、それを修正しながら、解明していきます。クジャク石はそこから銅が取り出せるという大きな魅力をもった題材です。子どもたちはクジャク石から銅を取り出したいという思いから、還元のしくみを解き明かしていくことでしょう。さらには、銅以外の原子に考えを巡らし、「クジャク石そのものの組成がどのようになっているのか」にまで興味を膨らめることができるでしょう。このとき、子どもたちが学びを深めるためには「科学的対話」が欠かせません。なぜならば、どのような実験をしたらよいのか、結果をどのように分析したらよいのか、考えをより確かなものにするにはどうしたらよいのかなど、子どもたち同士で意見を交わすことで、それぞれの考えや実験方法が洗練されていくからです。これは追究の結論における再現性・客観性・

実証性をより強固にしていくことにもつながっていきます。

これらのことから、本題材における理科ならではの文化を「クジャク石の組成を明らかにするために、仲間たちと原子の存在やふるまいを根拠に様々な考えを交流しながら、見通しをもって実験を行った、考察したりすること」とします。

(4) 題材と子どもたち

子どもたちにとって魅力ある題材や課題は、主体的な学びの大きなきっかけとなります。

クジャク石は、銅を取り出すという追究の過程で還元を学んだり、クジャク石の分解から構成する原子を探ったりすることができる魅力的な題材です。子どもたちは、クジャク石という一見銅とは似ても似つかない見た目の石から銅が取り出せる事実を目の当たりにしたとき、まるで手品でも見ているかのような不思議な思いを抱くでしょう。また、「化学変化」に手品のような不思議さを期待している子どもにとっては、クジャク石の化学変化はまさに期待通りの魅力的な事象に映ることでしょう。

同時に、子どもたちには「なぜ石が銅になるのか」や「銅がこの石に本当に入っているのか」などの疑問が自然と生まれてくるはずで

す。この疑問から「科学のまなざし」は生まれてきます。「科学のまなざし」をもって、クジャク石から実際に銅を取り出したり、クジャク石に含まれる原子を解明したりすることで、原子を用いて考えることへの必要性が高まっていくと考えられます。

原子で考えることの有用性を感じた子どもたちは、身近なものに含まれている原子の種類や、過去の科学者が発見してきた化学の成果を調べてみたくなるでしょう。さらには、教科の枠を越えて化学を用いた未来の工業や商品に思いを巡らせたり、古来の伝統文化の中に化学を見いだしたりすることができるようになるかもしれません。題材を通して、子どもたちが「原子」というフィルターを通して物事を見つめ直すことのできる「科学のまなざしをもつ人」へと成長していくことに期待しています。

参考文献：上野景平(1993)『化学反応はなぜおこるか』 講談社

竹内均(2002)『化学の大発見物語』 ニュートンプレス

後藤富治(2014)『授業が楽しくなる 科学モノ情報・活用と入手法 vol.1』 大日本図書

後飯塚由香里(2015)「クジャク石を使った定比例の法則-プールの実験の再現-」

『化学と教育』 63, (1), 日本化学会

趙匡華(2017)『中国古代化学-新しい技術やものの発明がいかに時代をつくったのか-』

丸善出版

参考資料：社団法人日本鉄鋼連盟/COURSE50 <http://www.jisf.or.jp/course50/>

6 新学習指導要領との関連

(4) 化学変化と原子・分子

イ 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すること。

7 題材構想（全8時間）

- (1) クジャク石から銅を取り出すにはどのようにすればよいのだろうか（1時間）
- (2) 酸化銅から銅を取り出すことはできるのだろうか（3時間）
- (3) クジャク石にはどのような原子が含まれているのだろうか（1時間：本時）
- (4) クジャク石と塩基性炭酸銅は同じ物なのだろうか（2時間）
- (5) 化学反応式から未来の製銅を考えよう（1時間）

(1) クジャク石から銅を取り出すにはどのようにすればよいのだろうか（1時間）

子どもたちは社会の授業などで銅剣や銅鐸、銅鏡などが4000年前の中国で用いられていることを学んでいます。そこで、古代の銅製品の資料を提示し、4000年前の人々は銅をどのように手に入れたのかを問います。

子どもたちは次のように発言すると考えられます。

- ・錬金術ということを知ったことがある。魔法のようにつくり出したのではないだろうか
- ・自然銅というものを聞いたことがある。自然銅を努力して集めたのではないか
- ・自然銅はすぐに酸化銅になっていると思うから、酸化銅から銅を取り出したのではないか
- ・銅原子を含んだ石から銅を取り出すのではないか
- ・鉄鉱石から鉄が取れると聞いたことがある。銅鉱石のようなものがある、そこから取り出したのではないか
- ・銅鉱石を分解して取り出したのではないか
- ・銅原子を含んだ岩石は本当にあるのか

など

本題材までに、化合や分解などの化学変化について学んできた子どもたちは、おそらく「Cu原子を含む何か」から銅を取り出す技術があったのではないかと推察すると思われます。そして「Cu原子を含む何か」に興味を湧くことでしょう。

そこでクジャク石を提示し、4000年前はクジャク石から銅を取り出していたという事実を伝えます。

このとき、子どもたちは次のような思いをもつと考えられます。

- ・クジャク石からどのような方法で銅を取り出したのだろうか

- ・緑色の石なのになぜ金属の銅になるのだろうか
- ・クジャク石には本当にCu原子が含まれているのだろうか
- ・私も銅を取り出してみたい

など

銅を取り出したいと考えた子どもたちはその方法を考え、試してみたいくなるでしょう。はじめは、クジャク石を磨いたり、割ったりする方法を取って試行錯誤をされると考えられますが、やがてこれまでの授業で加熱実験を中心に化合や分解を学んだことを思い出し、加熱をしようと発想するでしょう。そこでまずは、クジャク石をガスバーナーで加熱してみます。（その際、効率よく加熱ができるよう、粉末状のクジャク石を配付し、加熱します。）

しかしながら、銅が鮮やかに現れると考えて実験をした子どもたちにとって、この実験の結果は期待を裏切るものとなるでしょう。



クジャク石から取り出した「黒い物質」

- ・銅にならなかった
- ・ただの「黒い物質」になってしまった
- ・こぼしてしまった
- ・本当はクジャク石から銅を取り出すことはできないのではないか
- ・どのようにしたら銅が取り出せるのだろうか
- ・銅を取り出すための、他の方法があるはずだ

など

しかし、中には次のような新たな見通しをもつ子どももいるはずです。

- ・「黒い物質」は酸化銅ではないか

- ・酸化銅ならこの中にCu原子があるかもしれない
- ・酸化銅ならば酸素を取れば、銅が出てくるはずだなど

これらの考えや疑問を取りあげ、「酸化銅から酸素を取ることではできるのだろうか」となげかけます。

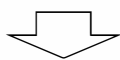
(2) 酸化銅から銅を取り出すことはできるのだろうか (3時間)

「もしも、クジャク石を加熱してできた黒い粉が“酸化銅”ならば、そこから酸素原子を取り除けば銅が出てくるはずだ」と考えた子どもたちは、その具体的な方法を探りたくなるでしょう。

子どもたちは次のような議論をしながら、実験計画を立案していくと考えられます。

【酸化銅を分解させようとする考え】

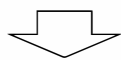
- ・酸化銅から酸素原子を引き離すには、酸化銅を加熱して分解させればよい
- ・加熱ではだめだと思う。そもそも酸化銅は銅を加熱して作られたものなのだから、加熱し続けても酸化銅のままになると思う
- ・加熱以外の方法でどうにか分解できないものか
- ・電気分解という方法もあるけれど、4000年前に電気はないから、別の方法で分解できるはずだ



- ・分解はできそうもない、別の方法はないのだろうか

【酸化銅から酸素を奪おうとする考え】

- ・分解しなくても、別の物質に酸素だけ奪ってもらえばよいのではないか
- ・酸素を奪ってくれる物質って何だろう
- ・身近なもので、すでに酸素と化合しているものは酸素を奪いやすいのではないだろうか
- ・身近な酸化物にはCO₂やH₂Oがある。CやHは酸素と結びつきやすいのかもしれない
- ・FeOやMgOという酸化物もある。FeやMgも酸素と結びつきやすいのかもしれない

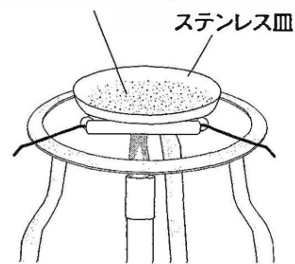


- ・酸化銅に炭素（鉄、マグネシウム）を混合すれば銅が出てくるかもしれない
- ・酸化銅を水素中に入れると銅が出てくる可能性がある
- ・化学変化を活発にするためには加熱が必要なのではないか
- ・では、酸化銅と炭素（鉄、マグネシウム）の混合物を加熱してみよう

など

子どもたちは計画から各々の実験装置を考えていきます。炭素で還元する方法を選択する子どももいれば、水素で還元する方法を選択する子どももいるでしょう。ただしここでは、実験計画における具体的に使用する器具や、装置の組み立て方などは授業者が助言をします。その理由は三つあり、一つめは安全を確保するため、二つめは実験精度を上げるため、三つめは器具についての議論ではなく化学変化についての議論をするためです。

酸化銅と炭素の混合物



子どもたちが考えると思われる
実験方法の一例

ここでの実験は、化学薬品の酸化銅を用いて実験をするよう提案します。なぜならば、クジャク石を加熱して取り出した黒い粉は酸化銅と決まったわけではないからです。化学薬品の酸化銅で実験し、銅を取り出すことができれば、クジャク石からできた黒い粉に同じ実験をしてみる価値があると判断できます。このように科学における実験は、一つ一つの事象を明らかにしていくことで客観性・実証性・再現性が高まっていくということも子どもたちに気づいてほしいところです。

実際に実験を行うと、子どもたちは次のような思いをもつでしょう。

- ・銅が出た
 - ・酸化銅から酸素を奪うことで、銅を出すことができる
 - ・CやHがCuOのOを奪った
 - ・私たちの考えは正しかった
 - ・クジャク石から出した「黒い物質」が酸化銅なら同じ方法で銅が出せるかもしれない
 - ・「黒い物質」でも試してみたい
- など

子どもたちが考えた、酸化物に酸素と結びつきやすい物質を加えて化学反応させる方法は「還元」といわれ、化学における価値ある実験方法の一つであることを子どもたちに伝えます。

その後、「黒い物質」が還元できるか確認していきます。

- ・銅が出た
- ・やはり「黒い物質」は酸化銅だった
- ・「黒い物質」はCuOで、CuからOを奪い取ることができるのだ



- ・クジャク石は加熱して酸化銅にした後、還元すれば銅が取り出せる
- ・4000年前の製銅が再現できた
- ・4000年前にこんなことが可能なのかな
- ・4000年前に水素は使えなかっただろうから、きっとCで還元していたはずだ
- ・炭はCだから、クジャク石を炭で還元してとりだしていた可能性がある

など

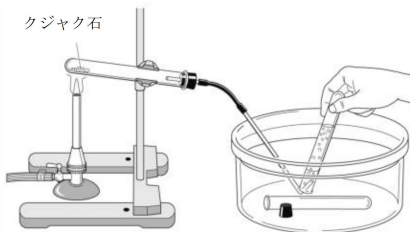
ここで、授業者は4000年前の製銅方法を紹介します。子どもたちは自分たちの考えた方法とほとんど手法が変わらないことに気づくでしょう。

ここまでの追究の過程で、子どもたちは銅が取り出せて満足すると同時に、クジャク石にはCuが含まれることを理解するでしょう。しかしよく考えれば、クジャク石がCuだけで構成されているはずはなく、他の原子も含まれていることは見た目が銅とは異なることから容易に想像できるでしょう。そこで、子どもたちにクジャク石にはCu以外にどんな原子が含まれているか調べるようになげかけて、次時へつなげます。

(3) クジャク石にはどのような原子が含まれているのだろうか (1時間:本時)

子どもたちはクジャク石に含まれる原子を探る際、クジャク石を加熱したときに、発生するものを調べれば含まれる原子を特定できそうだと見通しをもつでしょう。これまで銅にしか着目しなかった実験を改めて他の生成物に着目して見直すはずです。

実際にクジャク石を加熱してみると、クジャク石は、液体、気体、固体に分解することに気づきます。



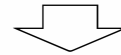
子どもたちはこの液体、気体、固体を分析し、クジャク石に含まれる原子を特定しようとするでしょう。

そこで授業者は、グループでプロジェクトチームを作り、追究することを提案します。

【①固体から分析する】

- ・酸化銅 (CuO) が出るのだからO原子はあるのではないか
- ・Cuは確認できたが、Oは確認できていない
- ・CuOをCで還元したとき、発生する気体がCO₂ならOがあるといってもよい
- ・発生する気体がCO₂なら石灰水を入れて白く濁る

- はずだ
- ・石灰水が白く濁った

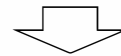


①の分析からわかること

- ・クジャク石にはO原子があるといえそうだ

【②液体から分析する】

- ・クジャク石を加熱すると液体が出た
- ・この液体は水 (H₂O) ではないか
- ・もし水 (H₂O) ならH原子とO原子があるといえそうだ
- ・H₂Oなら、塩化コバルト紙を青色から赤色に変化させるはずだ
- ・塩化コバルト紙が赤色に変化した

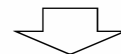


②の分析からわかること

- ・クジャク石にはH原子とO原子があるといえそうだ

【③気体から分析する】

- ・クジャク石を加熱すると気体が出た
- ・この気体は何だろう
- ア 水素 (H₂) ではないか**
 - ・もし水素 (H₂) ならH原子があるといえそうだ
 - ・もし水素 (H₂) ならマッチの火を近づけたら小爆発をするはずだ
 - ・小爆発はしないため、水素 (H₂) ではなさそう
- イ 酸素 (O₂) ではないか**
 - ・もし酸素 (O₂) ならO原子があるといえそうだ
 - ・もし酸素 (O₂) なら線香の火を入れたら激しく燃えるはずだ
 - ・線香の火は激しく燃えないため、酸素 (O₂) ではなさそう
- ウ 二酸化炭素 (CO₂) ではないか**
 - ・もし二酸化炭素 (CO₂) ならC原子とO原子があるといえそうだ
 - ・もし二酸化炭素 (CO₂) なら石灰水を白く濁らせるはずだ
 - ・石灰水が白く濁った



③の分析からわかること

- ・クジャク石にはH原子とC原子とO原子があるといえそうだ

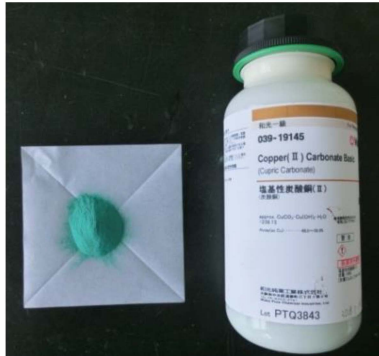
など

これらの分析結果を統合して、子どもたちは「クジャク石にはCu原子以外に、C、H、Oの原子が含まれている」と結論づけるでしょう。これまでの追究

で、クジャク石の化学式を知りたくなる子どもも出てくるはずですが、または、Cu, C, H, Oの原子を含む物質がクジャク石以外にあるのかに興味をもつ子どももいるはずですが、そのような子どもたちの意見を取りあげ、子どもたちのクジャク石の化学式への興味をかき立てて、次時へつなげます。

(4) クジャク石と塩基性炭酸銅は同じ物なのだろうか (2時間)

理科室に「塩基性炭酸銅」という粉末の化学薬品があります。色は緑色でクジャク石とよく似ています。薬品のラベルにはCu₂CO₃(OH)₂と記されており、Cu, C, H, Oの原子も含まれていることがわかります。この薬品を子どもたちに提示し、塩基性炭酸銅とクジャク石は同じものか、それとも違うものかと問いかけます。



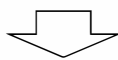
子どもたちは「もし同じだとするならば、〇〇をすれば、共に△△という結果が得られるはずだ」と見通しをもつと考えられます。

実際に塩基性炭酸銅を加熱し、酸化銅、水、二酸化炭素が発生することを確認すると、子どもたちは次のような考えをもつでしょう。

- ・薬品の化学式からは酸化銅、水、二酸化炭素が出てもおかしいことではない。問題は発生する量だ
- ・共に同じ質量を熱分解させて、同じ量のCO₂やCuOやH₂Oが発生するかを確かめよう
- ・H₂Oは量を測るのが難しそう
- ・CuOは質量で測ろう
- ・CO₂は体積で測ろう

【①CuOの質量から分析する】

- ・クジャク石と塩基性炭酸銅それぞれの化合した酸素量を比較すればよい
- ・同じ物質ならば増加する酸素量は同じはずだ
- ・クジャク石と塩基性炭酸銅は同質量ずつ分解させなければいけない
- ・発生した水はすべて蒸発させなければいけない
- ・質量は試験管ごと測ろう

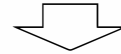


①の分析からわかること

- ・同質量のクジャク石と塩基性炭酸銅からは同じ質量のCuOが得られる

【②CO₂の体積から分析する】

- ・クジャク石と塩基性炭酸銅それぞれの発生したCO₂の体積を比較すればよい
- ・同じ物質ならば発生するCO₂の体積は同じはずだ
- ・クジャク石と塩基性炭酸銅は同質量ずつ分解させなければいけない
- ・今回は発生し始めたときの気体は捨てずに捕集しなければいけない
- ・実際は空気とCO₂の体積を調べることになる



②の分析からわかること

- ・同質量のクジャク石と塩基性炭酸銅からは同じ体積のCO₂が得られる
- など

ここでの実験は定量実験であるため、特に実験の精度が重要になります。実験装置の不備などによる実験誤差がなるべく生じないように、子どもたちに支援をする必要があります。例えば、試験管内に発生したCuOの質量を測るときに、CuOを試験管から出してしまうと試験管にこびりついたCuOの質量が測れないことになります。そのため、正確な質量変化を測るには反応の前後で試験管ごと計測する必要があります。子どもたちがこのような実験方法に気づかなかつたり、迷ったりしているときには授業者が具体的な方法を示し、追究への新たな視点をなげかけます。

ここまでの実験によって子どもたちは、クジャク石は「塩基性炭酸銅」と同様な物質であることに気づいていくでしょう。

- ・クジャク石と塩基性炭酸銅は、同じ物質だろう
 - ・クジャク石はCu₂CO₃(OH)₂という化学式で示してもよさそう
- など

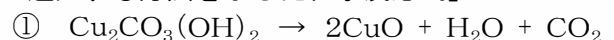
クジャク石の化学式がわかると、これまでの追究を化学反応式であらわすことが可能になることに気づく子どももいるでしょう。そのような子どもの意見を取りあげ、次時へつなげます。

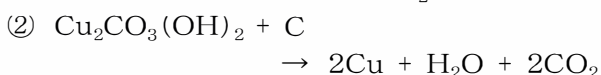
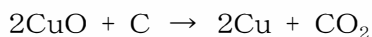
(5) 化学反応式から未来の製銅を考えよう

(1時間)

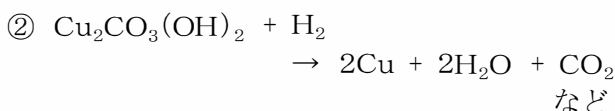
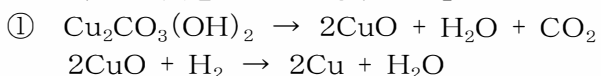
クジャク石の化学式がわかった子どもたちは、クジャク石から銅を取り出すまでのようすを化学反応式であらわそうとしましょう。

【クジャク石を熱分解し、発生した酸化銅を炭素で還元する方法を示した化学反応式】





【クジャク石を熱分解し、発生した酸化銅を水素で還元する方法を示した化学反応式】



子どもたちは化学反応式を書きながら、これまでの実験を振り返ることができるでしょう。また、子どもたちが表わした化学式からは自分たちの追究の過程をいきいきと感じとることができるでしょう。

化学反応式を見比べると、 H_2 での還元は、 C での還元比べ、 CO_2 排出が少ないことに気づくはず。そこで、授業者は「君たちなら、どの製銅方法を選びますか」と投げかけます。子どもたちは化学反応式を見比べながら、次のように考えるでしょう。

- ・水素で還元すると、 CO_2 排出が少ないから、水素で還元するべきだと思う
- ・ CO_2 排出が少なくなれば、地球温暖化の抑制につながるかもしれない
- ・水素で還元しても、炭素で還元してもできる銅の量は変わらない。それならば、水素で還元した方がエコである
- ・水素での還元は排出するのが水だ
- ・これから先は水素ステーションができたりして、水素は身近になるはずだ
- ・製銅だけでなく、製鉄にも水素還元が応用できないか

など

子どもたちが、水素の還元の有用性に気づき始めたところで、未来の製鉄には実際に、還元剤として H_2 が用いられるという内容の資料を配付します。その際、授業者は過去も現在も未来も還元という手法で銅や鉄を取り出しているものの、その時代にとっての関心事によって採用される方法は大きく異なることを示唆します。

子どもたちは、自分たちの話し合いや資料の内容から、4000年前の製銅から未来の製銅・製鉄に思いを馳せることでしょう。

- ・4000年前の製銅は経験に頼ったものだったけれど、科学が進歩すると、原子を用いてきちんとしくみ

を説明できるようになる

- ・クジャク石には銅原子が含まれていることを昔の人は知らなかったが、科学はそれを解明して、新しい技術を生み出そうとしている
- ・昔も今もやっていることは変わらない。でも、原子を考えると応用がきく
- ・昔の人はクジャク石から金を取り出したり、銀を取り出したりする、いわゆる錬金術ができると信じていたが、今ではそれができないことがわかった
- ・化学式がわかることで、発生する物質を予想できるようになった
- ・昔は製銅にクジャク石を用いていたというが、クジャク石でなくても、銅原子を含む物があれば銅を取り出せる可能性がある
- ・さらに効率よく銅を取り出すには、水素という気体を使うとよいことがわかった。水素以外にももっといい還元法がこの先見つかるかもしれない
- ・昔の人が発見した製銅という技術は、未来で科学となって様々な分野に発展し、人々の役に立っている
- ・昔の人々からの技術を引き継ぐ私たちは、地球に優しい方法を考えながら、「還元」を発展させている。私たちが次なる世代のためにさらに発展をさせていきたい

など

最後に子どもたち同士でそれぞれの思いを聞き合い、題材を締めくくります。