

科学的な思考力・表現力を育成する学習活動と評価の工夫
— 第2学年「化学変化と原子・分子」の授業を通して —

肝付町立内之浦中学校

教諭 石野 博行

1 単元の概要

(1) 単元名 「酸素がかかわる化学変化」

(2) 単元の目標

酸化や還元の実験を行い，酸化や還元が酸素の関係する反応であることを見だし，これらの事象を日常生活と関連付けて科学的な見方や考え方を養う。

(3) 生徒の実態

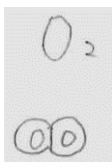
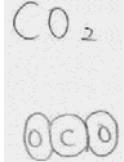
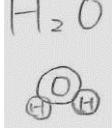
生徒の実態を把握するために，第1章の学習後に小テスト等を実施した。

(7月18日実施 18人回答)

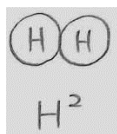
<小テストの問いの例>

物質の化学式を書いてみましょう。また，その物質のつくりをモデルを用いて表しましょう。

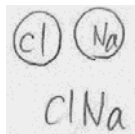
<結果>

	水素	酸素	二酸化炭素	水	塩化ナトリウム
正答	12	15	16	14	7
無回答	4	1	0	1	5
誤答	2	2	2	4	6
<正答例>					

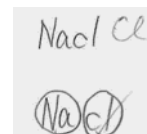
<誤答例>



原子の個数の表記間違い



原子表記の順番間違い



大文字，小文字の区別間違い

<考察>

物質を化学式とモデルを使って正しく表すことができた生徒は7割程であり，表記の仕方への理解が不足している生徒がいた。また，無回答の生徒もあり，原子の記号，分子についての理解が不十分であったと考えられる。二酸化炭素や水と比べ，塩化ナトリウムは日常生活であまり使うことがないので，化学式にも馴染みがないと考えられる。

1年次の既習事項の「状態変化のようす」をモデルを使って説明させた問いでは，ほとんどの生徒が状態変化の様子をモデルで正しく表すことができず，水素と酸素に分かれる様子を表していた。また，原子数，分子の状態を正しく表すことができていない生徒が多く，既習事項を関連付けた深い理解には達していなかった。

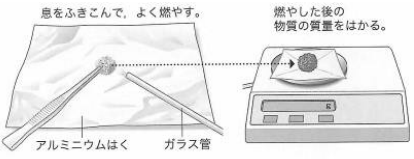
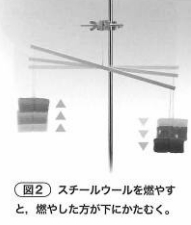
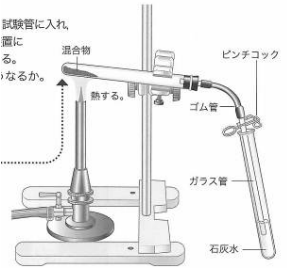
(4) 単元の指導について

生徒の実態を踏まえ、化学式や粒子、物質についての深い理解を図るために、グループでの話し合いや説明活動などの言語活動を充実させ、互いに化学式やモデルを使って説明させながら授業を行った。

また、1年次での状態変化と2年次の化学変化の違いを混合して理解している生徒が多いので、既習事項との違いについても触れながら、物質や原子・分子、化学変化についての定着を図っていった。粒子については、実際に見ることができないためにイメージすることが難しいので、モデルを活用しながら基本的な概念が定着するように丁寧に指導した。また、根拠を基に表現する方法を説明しながら、事物・現象を分析し解釈させる場面を多く設け、思考力・表現力を育成するよう授業を行った。

(5) 評価計画

「酸素がかかわる化学変化」(全6時間)

時間	学習内容	評価規準
1	1 「ものが燃えるとは」 鉄の燃焼実験を行い、スチールウールを燃焼させた前後の質量変化やスチールウールが燃えるときにできる物質と燃えた後に残る物質を調べる。 	【関心・意欲・態度】 スチールウールを燃やす前後の質量の変化について興味をもち、意欲的に調べることができる。 【観察・実験の技能】 スチールウールを燃やしたときの質量変化や、スチールウールの燃焼で酸素が使われているかどうか、燃えてできた物質について調べることができる。
2	- 鉄の燃焼実験の結果から、なぜ鉄を燃やした後の物質は質量が大きくなったのか考察する。 - 金属と酸素が化合するときに見える物質について理解する。 	【思考・表現】 鉄が空気中の酸素と結びついたことで質量が大きくなったことを説明できる。 【知識・理解】 金属と酸素の化合でできる物質を、原子・分子のモデルを使って説明することができる。
3	金属以外の物質と酸素の化合について、原子や分子のモデルを使って考える。 	【思考・表現】 金属以外の物質と酸素の化合でできる物質を、原子・分子のモデルを用いて説明することができる。
4 (本時)	2 「酸化物から酸素をとる」 - 酸化銅と炭素を混ぜ合わせて加熱すると、どのような反応が起こるか考える。 - 酸化銅と炭素の加熱実験を行い、酸化銅と炭素から銅と二酸化炭素ができるか調べる。 	【思考・表現】 加熱した酸化銅と炭素から、銅と二酸化炭素ができることを見いだすことができる。

5	還元について説明する。 $\begin{array}{ccccccc} & & \text{還元} & & & & \\ & \swarrow & & \searrow & & & \\ 2\text{CuO} + \text{C} & \longrightarrow & 2\text{Cu} + \text{CO}_2 \\ \text{酸化銅} & & \text{炭素} & & \text{銅} & & \text{二酸化炭素} \\ & & \text{酸化} & & & & \end{array}$	【知識・理解】還元が酸化物から酸素をうばう反応であることを説明することができる。 【知識・理解】酸化と還元は、化学変化の中で同時に起こることを、化学反応式や原子・分子のモデルを用いて説明することができる。
6	- 水素を用いた還元について、原子・分子のモデルを使って考え、化学反応式で表す。 - 金属利用の歴史と還元の関係について知る。  たたら製鉄(岐阜県瑞穂市) 砂鉄(酸化鉄)と木炭(炭素)を使った、日本古来の製鉄方法。	【知識・理解】水素を用いた還元反応について、化学反応式で正しく書くことができる。 【知識・理解】還元を利用して金属を取り出してきたことを説明することができる。

2 検証授業の実際

(1) 本時の目標 (科学的な思考・表現)

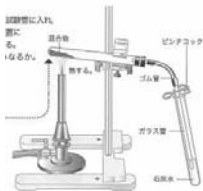
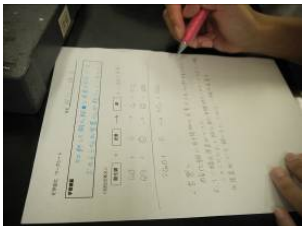
加熱した酸化銅と炭素から、銅と二酸化炭素ができることを見いだすことができる。

(2) 評価規準と判断基準

評価規準「科学的な思考・表現」		
加熱した酸化銅と炭素から、銅と二酸化炭素ができることを見いだすことができる。		
評価時期及び評価の対象		
- 展開時 - 自分の考えをワークシートに記入。		
尺度	判断基準	予想される生徒の表現例
B	加熱した酸化銅と炭素を反応させると、銅と二酸化炭素ができることを説明している。	加熱した酸化銅と炭素から銅と二酸化炭素ができる。
C 状況の生徒への補充指導	【生徒の状況と指導】 < 状況 1 > 酸化銅や炭素などの物質の化学式を覚えていない。 < 指導 1 > 既習事項を確認させ、モデルと化学式を用いて物質を表す方法を想起させる。 < 状況 2 > 反応前後の物質の表記を理解できていない。 < 指導 2 > 左辺に反応前、右辺に反応後の物質を書く事を想起させる。 < 状況 3 > 反応前後の原子の種類、個数の総量が一致していない。 < 指導 3 > モデルを使って数を合わせる方法を想起させる。	
A	【判断基準 B に加えて】 酸化銅、炭素、銅、二酸化炭素のそれぞれの物質について化学式を用いて、化学反応式として正しく表している。	$2\text{CuO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2$ ○ ○ + ● → + ○●○

(3) 指導の実際（概要）

学 習 過 程	時 間 (分)	学 習 活 動	学 習 内 容	指 導 上 の 留 意 点 評 価
導 入	8	(1) は じ め (2) 酸化銅の還元 の 演示実験 (3) 学習課題の設定 確認 補	(1) 酸化，金属・有機物の燃焼 など，既習事項の確認をする。 (2) ロウや砂糖，エタノールを 使った酸化銅の還元実験を 観察する。 	(1) 既習事項について発表 させ，想起させる。 (2) ガスバーナーとエタノ ールを使用するので，安 全面で配慮する。 
		(4) 個人での考察 (5) 考察の発表	(3) 学習課題を設定する。 学習課題 酸化銅と炭素を加熱した反応では，どのような化学変化 が起きているか。 	(3) 課題が把握できたか確 認する。 学習課題 酸化銅と炭素を加熱した反応では，どのような化学変化 が起きているか。 (4) 状況に応じてモデルを 使って考えるよう支援す る。 ※ 評価（思考・表現） (5) 班での意見をまとめさ せ，学級全体で意見を発 表させ，まとめる。 
展 開	3 5		(4) 加熱した酸化銅と炭素の反 応では，どのような変化が起 こっているか考え，記入する。 	
			(5) 個人での考察を班内で発表 しあい，意見をまとめ，学級 全体で発表する。 	

学 習 過 程	時 間 (分)	学 習 活 動	学 習 内 容	指 導 上 の 留 意 点
終 末	7	(6)	(6) 酸化銅と炭素の混合物を加熱する実験の方法を聞く。	(6) 試験管の底を上げて加熱することと、反応終了後はゴム管をピンチコックでしめてから冷やすことを押さえる。
		酸化銅の還元の 実験方法を聞く		
		補		
		(7)	(7) 酸化銅と炭素の混合物を加熱し、銅を取り出し、二酸化炭素が発生するか実験を行う。	(7) 事前に酸化銅と炭素粉末を混合しておき、実験時間を短縮させる。
		酸化銅の 還元実験		
		(8)	(8) 実験からいえることをまとめる。	(8) 実験によって得られた結果からいえることを分かり易く表現させる。
		実験の考察		
		(9)	(9) 個人で考えた考察を発表し、意見をまとめる。	(9) 生徒の考察を基に、実験からいえることをまとめさせる。
		考察の発表		
		(10)	(10) 本時の学習のまとめをする。	(10) 本時での学習を振り返り、まとめさせる。
		本時の学習のまとめ	まとめ 酸化銅と炭素を反応させると、銅と二酸化炭素ができる。 この反応は $2\text{CuO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2$ と表すことができる。	
		お わ り	(11) 家庭学習の指示を聞く。	(11) 炭素の代わりに水素を用いた還元について説明するよう課題を示す。
			(12) 次時の予告を聞く。	(12) 次時の予告をする。

(4) 「判断基準」による指導

ア 「判断基準」による見取りと補充・深化指導

生徒の表現例 1

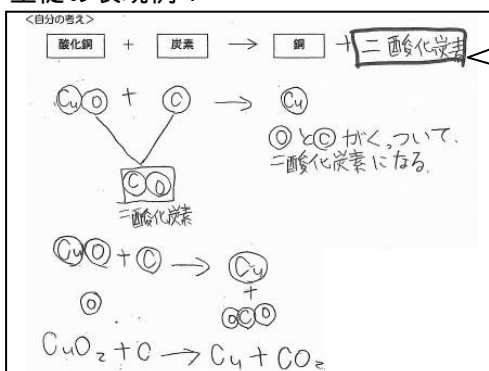


図 1 B 状況の記述例

【判断基準 B の状況】

学習課題に対応して、酸化銅と炭素を加熱した反応では、二酸化炭素ができることを見いだしている。モデルや化学式を使って思考しているが、正しいモデルや化学式での表現はできていない。

【深化指導】

各原子の数と種類に着目させ、化学反応式として完成するように、それぞれの物質について化学式で正しく表すよう促した。

生徒の表現例 2

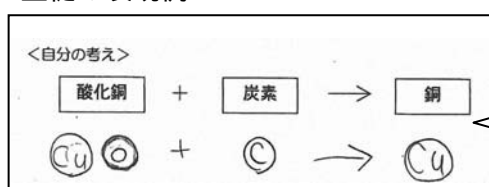


図 2 C 状況の記述例

【判断基準 B に到達していない状況】

酸化銅や炭素、銅などの物質を化学式やモデルで表すことができていないが、残った原子を組み合わせさせて二酸化炭素ができることまでは表現できていない。

【補充指導】

モデルを使用し、残った原子を使うとどのような物質ができるか考えさせた。

生徒の表現例 3

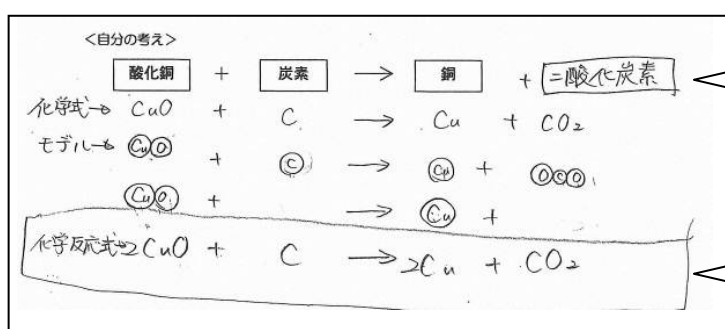


図 1 A 状況の記述例

【判断基準 A の状況】

酸化銅、炭素、銅、二酸化炭素のそれぞれの物質について化学式を用いて、化学反応式として正しく表し、二酸化炭素ができることを表現している。

イ 「判断基準」による評価の結果とその後の指導

判断基準に沿って評価を行ったところ A 評価 9 人、B 評価 7 人、C 評価 2 人となった。事象を化学反応式で表すことはできるようになっているが、組合せが変わり、どのような物質ができるかを予想することは難しいようである。C 評価だった生徒には、モデルを使用して残った原子を使うとどのような物質ができるか考えさせ、加熱した酸化銅と炭素から銅と二酸化炭素ができることを理解させた。さらに、次時の導入にて、グループ内で互いに説明する活動を取り入れ、C 評価、B 評価だった生徒の深い理解につなげた。

3 その他の実践

(1) 「化学変化と物質の質量」第2 / 6 時

ア 評価規準と判断基準

評価規準「科学的な思考・表現」		
化学変化の前後の質量を調べる実験結果から、化学変化の前後では物質全体の質量は変化しないことを説明している。		
R 度	判断基準	予想される生徒の表現例
B	化学変化の前後で物質全体の質量は変化しないことを説明している。	化学変化の前後では、物質の質量は変わらない。
補充指導	【生徒の状況と指導】 <状況1> 現象面の実験結果にばかり注目し、質量の変化に意識が向いていない。 <指導1> 化学変化の前後での質量の変化に注目させ、考察させる。	
A	【判断基準Bに加えて】 ペットボトルのふたを開けると、二酸化炭素が空气中に逃げ、その分質量が小さくなることを説明している。	<表現例> ①の実験から分かることは、うすい硫酸と塩化バリウム水溶液を混ぜ合わせ、時間を置くと、白くにごったものが沈殿していたので、これは、混合物ということが分かる。そのため、混ぜる前と混ぜた後の2つを合わせた質量は最初の質量と同じであることが分かる。 ②の実験から分かることは、うすい塩酸と炭酸水素ナトリウムを混ぜる前と混ぜた後の2つを合わせた質量は同じであることが分かる。しかし、PETボトルのふたをあけたら、質量は減った。これは、PETボトルの中の二酸化炭素がぬけていったからである。

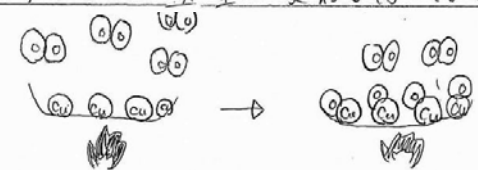
イ 評価結果と考察

A評価13人、B評価4人、C評価1人だった。ほとんどの生徒が、気体が発生しても化学変化の前後では質量が変化しないことを見いだすことができた。C評価の生徒に対しては個人での考察後、班での話し合い、学級全体での発表を通して補足説明した。

(2) 「化学変化と物質の質量」第4 / 6 時

ア 評価規準と判断基準

評価規準「科学的な思考・表現」		
金属を加熱したときの質量の変化を調べる実験の結果から、ある質量の金属と化合する酸素の質量には限度があることを説明している。		
R 度	判断基準	予想される生徒の表現例
B	金属を加熱した回数とできた化合物の質量の変化を表すグラフから、ある質量の金属とそれに化合する酸素の質量には限度があり、質量が増えなくなることを説明している。	金属を加熱していくと、初めのうちは質量はだんだん大きくなっていくが、しばらくすると一定になる。

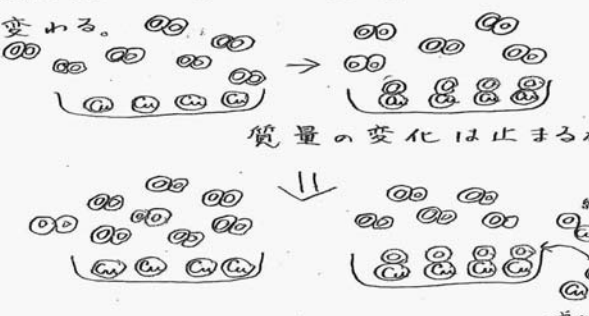
A	【判断基準 B に加えて】 ある質量の金属と化合する酸素の質量には限度があることを，原子の結びつきから説明している。	<表現例> 後で一定のところで止まる。 それは銅がすべて酸化銅になることによって。 銅がなくなるので酸化すること外でさばくばりそこから質量が変わるはくばると思う。 
---	--	--

イ 評価結果と考察

A 評価 11 人，B 評価 7 人，C 評価 0 人だった。なぜ，質量が一定になっていくかという考察までできた生徒が多く，化学変化のようすと粒子を関連付けた思考ができつつある。考察終了後，学級全体での個人発表を通して学習のまとめを行い，補足説明を行うことでさらに定着を図った。

(3) 「化学変化と物質の質量」第 5 / 6 時

ア 評価規準と判断基準

評価規準「科学的な思考・表現」		
実験結果から，金属の質量を増やしていくと，できた酸化物や化合する酸素の質量も大きくなることを説明している。		
尺度	判断基準	予想される生徒の表現例
B	金属の質量と，できた酸化物の質量や化合した酸素の質量との関係を表すグラフから，金属の質量を増やすとできた酸化物や化合する酸素の質量も増えていくことを説明している。	金属の質量を増やしていくと，それと結びつく酸素の質量も大きくなっていく。
A	【判断基準 B に加えて】 金属の質量を増やすとできた酸化物や化合する酸素の質量も増えていくことを，原子の結びつきと関連付けて説明している。	<表現例> 酸化して 質量が大きくなっていることが分かった。 結果、銅やマグネシウムの質量を変えればその分、質量の大きさも変わる。  質量の変化は止まるが。 結ぶって増やせば。

イ 評価結果と考察

A 評価 15 人，B 評価 3 人，C 評価 0 人だった。モデルを活用した考察を継続していくことで，実験結果を粒子と関連付けて考察することができるようになってきたと考えられる。考察終了後，学級全体でモデルを使用して個人発表を行わせ，補足説明を行った。

4 成果と課題

(1) 成果

ア 評価規準を基にして判断基準を作成し、それとともに生徒の表現例を想定しておくことで、生徒の思考を深めさせる手立てや発問、支援の方法を事前に練ることができ、指導をより充実することができた。

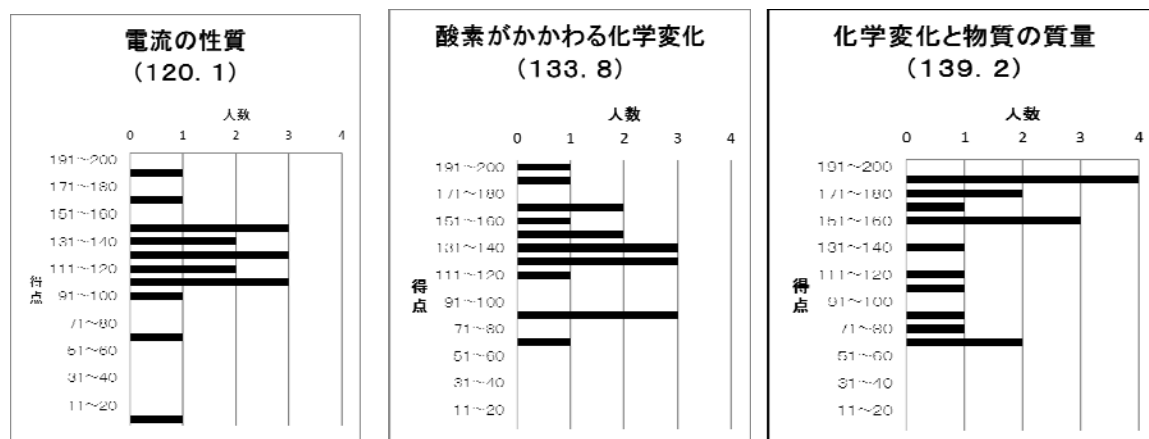
イ モデルを用いた考察を継続していくことで、少しずつ微視的な粒子についての概念が形成されつつある。また、目を見た現象やグラフなどの結果を粒子と関連付けて考察していこうとする意欲が高まった。

ウ 事前に判断基準を作成し、それに基づいて生徒のノートやワークシートを評価し、評価後に判断基準とA評価だった生徒の表現例を示しながらまとめをする活動を継続していくことで、誰が見ても分かりやすい表現をするよう意識が高まり、より深く考え、現象を説明しようとするようになり、思考力・表現力の高まりを感じられた。

エ 単元を通してペアやグループでの話し合い、説明活動、モデルを使っでの思考などの言語活動を学習内容に応じて計画的に継続して実施することで、理由や根拠を示しながら説得力のある考察をすることができるようになり、生徒の表現力を育成することができた。自分の考えを表現することで自分自身の考えを深めることもできていた。また、基礎学力が定着していない生徒の場合、生徒同士の説明によって理解が促されることが多かった。例年、定着率が低かった本単元において、学力の定着が見られた。

単元終了後に生徒の学力の定着度を確認するために市販の単元テストを実施した。下の図はその結果を度数分布で示したものである。()の数字は平均点を示している。

難易度は違うので単純に比較はできないが、同じ1分野の内容である『電流の性質』の単元と比べ15点～20点程得点が伸びており、学力の定着が見られたと考えられる。



(2) 課題

ア 評価規準に沿って判断基準を作成し、生徒の表現例を事前に想定しておくことは大変意義がある反面、労力がかかり、時間がかかる。単元全体を見通して、どの内容、どの場面で生徒の考察を見取るかを計画的に実施する必要がある。

イ 思考したことを適切に、分かりやすく表現する方法については今後も継続して指導する必要がある。

ウ 今回作成した判断基準が生徒の思考の高まりを的確に見取るものなのか、更に研究を続け、評価の妥当性と客観性を高めていく必要がある。