

中学校 理科

科学的な思考力・表現力を育成するための指導の研究  
—「粒子」の概念を柱とした指導と評価の計画の在り方の考察—

義務教育課 指導主事 藤田 盛浩

要 旨

科学的な思考力・表現力を育成するため、中学校3年間を通して、計画的に「粒子」の概念の定着を図るための指導と評価の計画の在り方について考察するとともに「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」について提案するものである。

キーワード：中学校 理科 科学的な思考力・表現力 「粒子」の概念 指導と評価

I 主題設定の理由

OECD（経済協力開発機構）が実施した生徒の学習到達度調査（PISA調査）等で、日本の生徒の科学的な思考力・判断力・表現力に課題があると言われている。これらの課題に対応するために、文部科学省は学習指導要領を改訂し、理科においては「科学的な思考力・表現力の育成」が大きな柱の一つに挙げられた。

一方、本県の学習状況調査（平成23年度）において、「内容・領域別にみた課題として、第1分野の『身の回りの物質』の学習内容の定着が挙げられる。中でも水溶液内の溶質や状態変化の際の物質のようすをモデルで表すこと～中略～の定着に課題がみられた」と指摘されている（学習状況調査実施報告書，2011.12.19）。また、「評価の観点別にみた課題としては、『科学的な思考』については、粒子モデルで表すこと～中略～を説明することといった言葉や図で説明したり表現したりする問題に課題がみられ、授業において積極的に表現させることの指導を充実させる必要がある」と指摘されている（学習状況調査実施報告書，2011.12.19）。つまり、「粒子」の概念の定着が不十分であり、表現力を高める指導の重要性がうかがえる。しかも、「身の回りの物質」の学習は第1学年の学習であることから、中学校の3年間を通して、計画的に「粒子」の概念を定着させていく必要があると考える。

また、学習指導要領（平成20年3月告示）中学校理科「第3 指導計画の作成と内容の取扱い 1(2)」では、「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が充実するよう配慮すること」と示されている（文部科学省，2008）。本県の課題として指摘されている「モデルで表す」「言葉や図で説明したり表現したりする」学習活動は、まさに「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」であり、「科学的な思考・表現」の指導と評価及び言語活動の充実とも関係してくるところでもある。

そこで本研究では、これらの課題に対応するために、中学校の3年間を通して、計画的に「粒子」の概念を定着させ、科学的な思考力・表現力を育成することができるよう、「観察、実験した結果を基に『粒子』の概念を使用して、事象をモデルと関連付けて考えたり説明したりする学習活動」を各学年の単元の中に適切に位置付け、次年度から始まる中学校学習指導要領の完全実施に向け、授業に役立つ「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」を提案することとした。

II 研究目標

科学的な思考力・表現力を育成するため、「粒子」の概念に関わる単元の指導と評価の計画の在り方について考察し、指導と評価の計画例及び学習評価例について提案する。

III 研究の実際と考察

1 中学校学習指導要領解説理科編（平成20年9月）における「粒子」の概念とモデルとの関連について

中学校学習指導要領解説理科編（平成20年9月）「第2章 理科の目標及び内容 第2節 各分野の目標及び内容の1 第1分野の目標(3)」は次のとおりである（文部科学省，2008）。

(3) 化学的な事物・現象についての観察，実験を行い，観察・実験技能を習得させ，観察，実験の結果を分析して解釈し表現する能力を育てるとともに，身の回りの物質，化学変化と原子・分子，化学変化とイオンなどについて理解させ，これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。

この(3)の目標は，化学的領域についての目標であり，「粒子」の概念とモデルとの関連については，具体的に次のように述べられている（抜粋）（文部科学省，2008）。

- ・ここでは，小学校での学習につなげて，身の回りの物質，化学変化などの化学的な事物・現象に関して内容の系統性を図り，目に見える物質の性質や反応を目に見えない原子，分子，イオンの概念を用いて統一的に考察し，科学的に探究する能力を育成し，科学的な知識や基本的な概念が定着するように内容を構成している。
- ・「身の回りの物質」に関しては，～中略～物質の溶解や状態変化では粒子のモデルと関連付けて理解させる。
- ・「化学変化と原子・分子」に関しては，～中略～物質の変化やその量的な関係について理解させ，原子や分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。
- ・「化学変化とイオン」に関しては，～中略～水溶液における電気伝導性や中和反応について理解させるとともに，これらの事物・現象をイオンのモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。

つまり，第1学年の「身の回りの物質」の単元では「物質の溶解」「状態変化」に関わる学習で粒子のモデルと関連付けて扱い，第2学年の「化学変化と原子・分子」の単元では「化合・分解」「酸化・還元」「化学変化と物質の質量」に関わる学習で原子や分子のモデルと関連付けて扱い，第3学年の「化学変化とイオン」の単元では「電池のしくみ」「酸・アルカリ」「中和」に関わる学習でイオンのモデルと関連付けて扱うことになる。

## 2 「粒子」の概念の小学校での取扱いと中学校との接続について

### (1) 「粒子」の概念の小学校での取扱いについて

小学校学習指導要領解説理科編（平成20年6月）「第3章 各学年の目標及び内容」において，「粒子」の概念については，各学年で「A 物質・エネルギー」の学習で次のように取り扱っている。

- ・第3学年「A(1)物と重さ」では「粒子の保存性」について
- ・第4学年「A(1)空気と水の性質」では「粒子の存在」について  
「A(2)金属，水，空気と温度」では「粒子のもつエネルギー」について
- ・第5学年「A(1)物の溶け方」では「粒子の保存性」について
- ・第6学年「A(1)燃焼の仕組み」では「粒子の存在」「粒子の結合」について  
「A(2)水溶液の性質」では「粒子の結合」「粒子の保存性」について

また，指導に当たっては，「図や絵を用いて表現することができるようにする」とあり，小学校では「モデル」という言葉こそ直接出てはきていないが，「粒子」の概念を「図や絵」と関連付けて扱うことになる。

### (2) 「粒子」の概念における小学校と中学校との接続

前述のとおり，中学校学習指導要領解説理科編では，中学校での「粒子」の概念について，「小学校での学習につなげて，身の回りの物質，化学変化などの化学的な事物・現象に関して内容の系統性を図り，目に見える物質の性質や反応を目に見えない原子，分子，イオンの概念を用いて統一的に考察し，科学的に探究する能力を育成し，科学的な知識や基本的な概念が定着するように内容を構成している」と述べられている。これは，中学校の学習は「小学校での学習につなげて」扱うことを明記したものであり，小学校の学習内容がどのように中学校に接続されているかを押さえた指導が求められることになる。特に，中学校第1学年の学習内容は重要になってくると考える。

なお，小学校と中学校の「粒子」の概念を柱とした内容構成は，次のとおりである（図1）。

校種	学年	粒 子				
		粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー	
小学校	第3学年			<b>物と重さ</b> ・形と重さ ・体積と重さ		
	第4学年	<b>空気と水の性質</b> ・空気の圧縮 ・水の圧縮			<b>金属、水、空気と温度</b> ・温度と体積の変化 ・温まり方の違い ・水の三態変化	
	第5学年			<b>物の溶け方</b> ・物が水に溶ける量の限度 ・物が水に溶ける量の変化 ・重さの保存		
	第6学年	<b>燃焼の仕組み</b> ・燃焼の仕組み	<b>水溶液の性質</b> ・酸性、アルカリ性、中性 ・気体が溶けている水溶液 ・金属を変化させる水溶液			
	中学校	第1学年	<b>物質のすがた</b> ・身の回りの物質とその性質（プラスチックを含む） ・気体の発生と性質		<b>水溶液</b> ・物質の溶解 ・溶解度と再結晶	<b>状態変化</b> ・状態変化と熱 ・物質の融点と沸点
		第2学年	<b>物質の成り立ち</b> ・物質の分解 ・原子・分子	<b>化学変化</b> ・化合 ・酸化と還元 ・化学変化と熱		
第3学年		<b>水溶液とイオン</b> ・水溶液の電気伝導性 ・原子の成り立ちとイオン ・化学変化と電池	<b>酸・アルカリとイオン</b> ・酸・アルカリ ・中和と塩			

図1 小学校と中学校の「粒子」の概念を柱とした内容構成

### 3 学習活動の適切な位置付けと観点「科学的な思考・表現」について

学習活動の適切な位置付けと観点「科学的な思考・表現」について、清原（2011）は次のように述べている。

科学的な思考を促すためにも、探究的な学習を適切に位置付けることが重要であり、「科学的な思考・表現」の指導と評価という意味においても前提となるものである。～中略～特に、中学校理科の学習指導要領においては、「第3 指導計画の作成と内容の取扱い」に、「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が充実するよう配慮すること」という表記を加えている。この表記は、「第3 指導計画の作成と内容の取扱い」に示しているのであり、年間指導計画など学習の大きな流れの中で、このような活動を適切に配置していくということを明示したものである。実際、すべての単元でこのような探究の過程をたどりながら学習を進めることは、中学校や高等学校の理科の学習において時間的にも簡単なことではない。そこで、多くの単元では、生徒の学習の状況や単元の特性に応じて、探究し思考する山場を適切に位置付け指導の流れをつくっていく。それらが積み重なり、結果として1年間あるいは3年間など長い目で見れば「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」が適切に位置付けられるということを示している。

ここで取り上げられている学習活動の中で、特に、「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」は、自身の経験からしても、意識して指導計画の中に位置付けないと場当たりの指導になりがちである。

そこで本研究では、「観察、実験した結果を基に「粒子」の概念を使用して、事象をモデルと関連付けて考えたり説明したりする学習活動」を各学年の単元の中に適切に位置付けた「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」を作成し、提案することとした。

ここで、「適切に位置付け」とあるが、どのような設定であれば「適切な位置付け」なのかが問題になってくる。本研究では「適切な位置付け」を、次のように捉えることとする。

一つの単元の中で、ある特定の時期に集中して取り組むのではなく、単元の指導計画の中で、ある程度まとまりのある数時間の授業の中に1時間は設定できるよう、しかも単元の中に、バランスよく配置すること。

観点「科学的な思考・表現」の評価としては、言語活動の充実とも関連させ、単に自己の考えをモデルで表現させるだけでなく、文章でも書かせ、それらをもとに生徒同士で考えを交流させたり、全体の場で発表させたりしながら評価することとした。

#### 4 指導と評価の計画例と学習評価例について

「指導と評価の計画例」の作成に当たって、各学年で目指す生徒の姿を次のように設定した。

第1学年…自己の考えを、適切なモデルで表し、定型文で説明できる。  
 第2学年…自己の考えを、適切なモデルで表し、言葉で説明できる。  
 第3学年…自己の考えを、適切なモデルで表し、モデルを動かしながら、言葉で説明できる。

また、評価する観点の数については、評価のための指導とならないように、四つの観点のうち一つか二つに絞った。

なお、各学年の「粒子」の概念に関わる単元の「指導と評価の計画例」は、学校図書株式会社の平成24年度以降に使用される教科書を参考に各時間の設定を行った。

##### (1) 第1学年「身の回りの物質」の単元の指導と評価の計画例（表1）

表1は、第1学年の「粒子」に関わる「身の回りの物質」の単元の指導と評価の計画例である。前述のとおり、第1学年においては、「物質の溶解」「状態変化」に関わる学習で粒子のモデルと関連付けて扱うことになる。この二つの学習を、教科書の流れに沿って位置付けてみると、第11時に「状態変化と粒子のモデル」の学習、第23時に「水溶液と粒子のモデル」の学習をすることになり、第1学年において一つの単元で扱う「粒子のモデル」と関連付ける学習活動が2回というのは不十分と考える。

そこで、第16時に、「蒸留と粒子のモデル」の学習を設定することとした。このことにより、「粒子のモデル」をバランスよく配置できたと考える。

表1 第1学年「身の回りの物質」の単元の指導と評価の計画例

時	学習内容	ねらい	評価の観点				評価規準	評価方法
			関	思	技	知		
1	物質の分類	物体と物質の違いを理解し、物質を金属と非金属に分類する。	○			○	○物質の分類に関心をもっている。 ○物体と物質、金属と非金属の違いを理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
2	基本操作1	ガスバーナーの使い方を知る。			◎	○	◎ガスバーナーの使い方の基本操作を習得している。 ○ガスバーナーの各部の名称とはたらきを理解し、知識を身に付けている。	行動観察
3	記録の仕方やレポートのかき方	観察、実験の記録の仕方やレポートのかき方を知る。				○	○観察、実験の記録の仕方やレポートのかき方を理解し、知識を身に付けている。	ノート
4	【生徒実験1】 物質の加熱	物質を加熱したときの変化の様子で物質を区別する。	◎				◎物質を燃やしたときの様子を意欲的に観察しようとしている。	行動観察

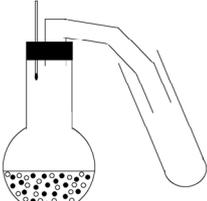
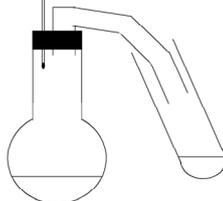
5	有機物と無機物	実験1の結果をまとめ、有機物と無機物の区別する。			○	○有機物と無機物の違いを理解し、知識を身に付けている。	ノート
6	【生徒実験2】身の回りのプラスチック	代表的なプラスチックの性質やその用途を調べる。		○		○代表的なプラスチックの性質やその用途について自らの考えをまとめている。	ワークシート
7	基本操作2	電子てんびん、上皿てんびん、メスシリンダーの使い方を調べる。		◎		◎電子てんびん、上皿てんびん、メスシリンダーの使い方の基本操作を習得している。	行動観察
8	【生徒実験3】物質の密度	物質の密度を求め、物質をつきとめる方法を知る。		○	◎	○密度の求め方を身に付けている。 ◎密度で物質を判別することができることを理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
9	(演示実験1)状態変化	状態変化と温度の関係、状態変化時の体積変化に関心をもつ。	○			○状態変化するときの体積の変化に関心をもっている。	行動観察
10	【生徒実験4】状態変化	状態変化の前後での体積や質量を調べる。			○	○状態変化の前後では、体積は変化するが、質量は変化しないことを理解し、知識を身に付けている。	ノート
11	状態変化と粒子のモデル	状態変化の前後での体積と質量について、粒子のモデルで説明する。		◎		◎状態変化の前後での体積と質量について、粒子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
12	基本操作3	いろいろな加熱の仕方を知る。		◎		◎加熱の基本操作を習得している。	行動観察
13	(演示実験2)水の加熱	水を加熱したときの様子に関心をもつ。	◎			◎水を加熱したときの様子に関心をもっている。	行動観察
14	【生徒実験5】物質の融点と沸点	物質の融点と沸点を調べる。		○	○	○温度計を使い物質の融点と沸点の記録の仕方を身に付けている。 ○融点や沸点で、物質を判別することができることを理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
15	【生徒実験6】混合物の加熱(蒸留)	水とエタノールの混合物からエタノールを取り出す。		○	◎	○蒸留の仕方を身に付けている。 ◎沸点の違いを利用して混合物から物質を分離できることを理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
16	蒸留と粒子のモデル	蒸留の仕組みを粒子のモデルで説明する。		◎		◎蒸留の仕組みについて、粒子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
17	基本操作4	気体の捕集方法を知る。		◎		◎気体の捕集方法の基本操作を身に付けている。	行動観察
18	【生徒実験7】酸素の性質	酸素の発生方法、捕集方法、性質を、まとめて説明する。			○	○酸素の発生方法、捕集方法、性質について理解し、知識を身に付けている。	ワークシート
19	【生徒実験8】二酸化炭素の性質	二酸化炭素の発生方法、捕集方法、性質を、まとめて説明する。			○	○二酸化炭素の発生方法、捕集方法、性質について理解し、知識を身に付けている。	ワークシート
20	【生徒実験9】水素の性質	水素の発生方法、捕集方法、性質を、まとめて説明する。			○	○水素の発生方法、捕集方法、性質について理解し、知識を身に付けている。	ワークシート
21	【生徒実験10】アンモニアの性質	アンモニアの発生方法、捕集方法、性質を、まとめて説明する。			○	○アンモニアの発生方法、捕集方法、性質について理解し、知識を身に付けている。	ワークシート
22	【生徒実験11】未知の気体	未知の気体を発生させ、何の気体か推論する。	◎	○		◎未知の気体の発生に意欲的に取り組んでいる。 ○何の気体が発生したか、判定した理由について自らの考えをまとめている。	行動観察 ワークシート
23	水溶液と粒子のモデル	物質の溶ける様子を粒子のモデルで説明する。		◎		◎物質の溶ける様子について、粒子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
24	水溶液の濃度	水溶液の濃度を表す方法を知る。		◎	○	◎水溶液の濃度の求め方を身に付けている。 ○質量パーセント濃度について理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
25	【生徒実験12】溶解度	一定量の水に溶ける物質の量について調べる。	○		◎	○一定量の水に溶ける物質の量を調べる実験に意欲的に取り組んでいる。 ◎一定量の水に溶ける物質の量には限度があることについて理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
26	再結晶	再結晶の仕組みを説明する。			○	○再結晶の仕組みについて理解し、知識を身に付けている。	ノート
27	結晶の採取 基本操作5	再結晶した物質を、ろ過で取り出す。			○	○ろ過の基本操作を習得している。	行動観察
28	単元のまとめ			◎	◎	◎	ペーパーテスト

※◎：指導に生かすとともに記録して総括に用いる評価 ○：主に指導に生かす評価

## (2) 第1学年「身の回りの物質」の単元の第16時の学習評価例(図2)

「粒子」の概念の「粒子の保存性」「粒子のもつエネルギー」に関わる部分であり、ここでは、「粒子のもつエネルギー」を意識し、第11時の「状態変化と粒子のモデル」の学習とも関連させ、加熱や冷却による粒子の運動の様子が変化することにも触れた学習活動を考えた。また、第1学年でもあり、理由や説明を書かせる場合は定型文を活用することとした。さらに、班内の交流を活発化させることにより、言語活動の充実を図ることとした。

① 指導内容・学習活動と評価

指導内容	学習活動	★評価（方法）・備考
1 水とエタノールの混合液を加熱したときのグラフの特徴を確認する。		★科学的な思考・表現 （ワークシート） ・理由は、ワークシートに定型文で書かせる。  定型文例 80℃付近では、_____が沸騰し、_____出て行くので_____を多く含む液体が得られるから。
80℃付近でエタノールを多く含む液体が得られる様子を粒子のモデルで表わし、その理由（仕組み）を説明しよう。  2 加熱前のモデルを参考に、80℃付近の装置内の様子をモデルでかき、理由を考える。	・自分の考えをモデルでかく。	
		
3 かいいたモデルを用いて、理由を班内で発表し合う。	・班内で考えを交流させる。	
80℃付近では、エタノールが沸騰し、気体となって出て行くのでエタノールを多く含む液体が得られる。		
4 蒸留を利用している身近な例を示す。	・蒸留が日常生活で利用されていることを知る。	

② 評価規準  
 粒子のモデルと関連付けて、沸点の違いを利用した物質の分離について自らの考えを導き、表現している。

③ 授業における評価の具体例

判断	評価規準
A	80℃付近ではエタノールを多く含む液体が得られることを粒の広がりを意識したモデルで表現し、その理由（定型文）を説明できる。
B	80℃付近ではエタノールを多く含む液体が得られることを粒のモデルで表現し、その理由（定型文）を説明できる。

④ 「C」評価の生徒への手だて  
 ・水とエタノールのそれぞれの沸点を調べさせる。

図2 第1学年「身の回りの物質」の単元の第16時の学習評価例

(3) 第2学年「化学変化と原子・分子」の単元の指導と評価の計画例（表2）

表2は、第2学年の「粒子」に関わる「化学変化と原子・分子」の単元の指導と評価の計画例である。第2学年においては、「化合・分解」「酸化・還元」「化学変化と物質の質量」に関わる学習を原子や分子のモデルと関連付けて扱うことになり、「粒子」の概念を形成する重要な学年になる。第2学年で、これらの学習を教科書の流れに沿って位置付けてみると、第6時に「分解と原子・分子のモデル」の学習、第11時に「化学変化と原子・分子のモデル」の学習、第16時に「酸化・還元と原子・分子のモデル」の学習、第23時に「質量保存の法則と原子・分子のモデル」の学習、第27時に「化学変化における質量の比と原子・分子のモデル」の学習をすることになり、第2学年ではバランスよく位置付けられた。

表2 第2学年「化学変化と原子・分子」の単元の指導と評価の計画例

時	学習内容	ねらい	評価の観点				評価規準	評価方法
			関	思	技	知		
1	物質のなりたち	物体は原子や分子できていることを知る。				○	○物体は原子や分子できていることについて理解し、知識を身に付けている。	ノート
2	原子と周期表	原子の性質や原子記号について知る。	○			◎	○原子の構成や周期表に関心をもっている。 ◎原子の性質や原子記号について理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ノート
3	原子・分子のモデルと化学式	原子・分子のモデルや物質を化学式で表す方法を知る。				◎	◎原子・分子のモデルや物質を化学式で表す方法を理解し、知識を身に付けている。	ノート
4	【生徒実験1】水の電気分解	水の電気分解を行い、発生する気体を調べる。				◎	◎水の電気分解の仕方を身に付けている。 ○発生した気体の確認により、水の電気分解を理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
5	（演示実験1）塩化銅・酸化銀の電気分解	塩化銅・酸化銀の電気分解で生成する物質を推論する。	○				○塩化銅・酸化銀の電気分解で生成する物質が何か、自らの考えをまとめている。	ノート
6	分解と原子・分子のモデル	分解を原子・分子のモデルで説明する。				◎	◎分解について、原子・分子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート

7	【生徒実験 2】 炭酸水素ナトリウムの熱分解①	炭酸水素ナトリウムの熱分解で生成する物質を推論し、それを確かめる計画を立てる。	○		○炭酸水素ナトリウムの熱分解で生成する物質の確認方法について、自らの考えをまとめている。	ワークシート
8	【生徒実験 2】 炭酸水素ナトリウムの熱分解②	炭酸水素ナトリウムの熱分解で生成する物質を調べる。	◎	◎	◎炭酸水素ナトリウムの熱分解に意欲的に取り組んでいる。 ◎炭酸水素ナトリウムの熱分解の計画的な実施の仕方を身に付けている。	行動観察 ワークシート
9	【生徒実験 3】 化合（硫化物）	鉄と硫黄が結び付くか調べる。			○鉄と硫黄の化合について理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
10	(演示実験 2) 化合（水の合成）	水素と酸素が化合して水ができることを知る。	○		○水素と酸素の化合に関心をもっている。 ○水素と酸素が化合して水ができることを理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
11	化学変化と原子・分子のモデル	いろいろな化学変化を原子・分子のモデルで説明する。	◎		◎いろいろな化学変化について、原子・分子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
12	化学反応式	いろいろな化学変化を化学式で表す。		◎	◎いろいろな化学変化を化学式で表す方法を理解し、知識を身に付けている。	ノート
13	【生徒実験 4】 鉄の酸化	鉄を加熱してできる物質を調べる。	○		○鉄の加熱実験に意欲的に取り組んでいる。 ○鉄を加熱してできる物質について理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
14	【生徒実験 5】 銅とマグネシウムの酸化	金属を加熱すると酸素が結び付き、質量が増加することを知る。			○金属を加熱すると酸素が結び付き、質量が増加することを理解し、知識を身に付けている。	ワークシート
15	【生徒実験 6】 酸化銅の還元	酸化銅から銅を取り出す。		○◎	○酸化銅から銅を取り出す方法を身に付けている。 ◎酸化銅から銅を取り出す還元について理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
16	酸化・還元と原子・分子のモデル	酸化や還元を原子・分子のモデルで説明する。	◎		◎酸化や還元の仕組みについて、原子・分子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
17	(演示実験 3) 化学変化と熱	化学変化における温度変化を調べる。			○化学変化では熱の出入りがあることを理解し、知識を身に付けている。	ノート
18	【生徒実験 7】 鉄粉カイロの発熱	鉄粉カイロを作成し、条件の違いによる発熱の違いを調べる。	◎	○	◎鉄粉カイロの作成に意欲的に取り組んでいる。 ○発熱の違いに関する条件について自らの考えをまとめている。	行動観察 ワークシート
19	有機物の燃焼	有機物の燃焼でできる物質を知る。			○有機物の燃焼でできる物質を理解し、知識を身に付けている。	ノート
20	【生徒実験 8】 化学変化の前後の質量①（沈殿）	沈殿ができる化学変化の前後での質量を調べる。	○		○沈殿ができる化学変化の実験に意欲的に取り組んでいる。 ○沈殿ができる化学変化の前後の質量について理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
21	【生徒実験 8】 化学変化の前後の質量②-1（気体）	気体が発生する化学変化でも気体を逃がさなければ質量は変化しないことを確かめる計画を立てる。	○		○気体が発生する化学変化でも気体を逃がさない実験の仕方について、自らの考えをまとめている。	ワークシート
22	【生徒実験 8】 化学変化の前後の質量②-2（気体）	気体が発生する化学変化の前後での質量を調べる。	○	○	○気体が発生する化学変化の質量を調べる実験に意欲的に取り組んでいる。 ○気体を逃がさない実験の計画的な実施の仕方を身に付けている。	行動観察
23	質量保存の法則と原子・分子のモデル	質量保存の法則について、原子・分子のモデルで説明する。	◎		◎化学変化の前後において質量は保存されることについて、原子・分子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
24	【生徒実験 9】 銅の酸化と質量	銅と酸素が化合するときの質量の関係を調べる。		○	○銅の酸化の実験の実施や結果の記録の仕方を身に付けている。	行動観察 ワークシート
25	【生徒実験 9】 マグネシウムの酸化と質量	マグネシウムと酸素が化合するときの質量の関係を調べる。		○	○マグネシウムの酸化の実験の実施や結果の記録の仕方を身に付けている。	行動観察 ワークシート
26	化合物の比	物質と物質は、常に一定の比で化合することを知る。	○	◎	○物質と物質の化合する比について自らの考えをまとめている。 ◎物質と物質は、常に一定の比で化合することを理解し、知識を身に付けている。	ノート
27	化学変化における質量の比と原子・分子のモデル	化学変化における質量の比について、原子・分子のモデルで説明する。	◎		◎化学変化における質量の比は一定であることについて、原子・分子のモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
28	単元のまとめ		◎	◎◎		ペーパーテスト

※◎：指導に生かすとともに記録して総括に用いる評価 ○：主に指導に生かす評価

#### (4) 第2学年「化学変化と原子・分子」の単元の第6時の学習評価例（図3）

「粒子」の概念の「粒子の存在」「粒子の結合」に関わる部分であり、ここでは「粒子の結合」を意識した学習活動を考えた。また、発表する場としては学級全体とした。

① 指導内容・学習活動と評価		
指導内容	学習活動	★評価（方法）・備考
1 水の電気分解で生成する物質を確認する。		★科学的な思考・表現 （ワークシート） ・モデルはホワイトボードにかく。 ・説明はワークシートに記入する。 ※この図の場合、陰極には水素分子が4個、陽極には酸素分子が2個生成する。  ・考えに変更があれば赤ペンで修正する。
水（分子）を電気分解すると、水素と酸素が生成することを、原子・分子のモデルを用いて説明しよう。	・自分の考えをモデルでかき、説明文を考える。	
2 水を電気分解すると水素と酸素が生成することを、原子・分子のモデルで表わし、説明文を考える。		
3 ホワイトボードにかいたモデルを用いて水の電気分解の仕組みを全体で発表する。	・発表を聞き、自分の考えを深めさせる。	
水（分子）を電気分解すると、水分子の原子の結び付きが切れ、水素原子同士、酸素原子同士が結び付き、水素分子と酸素分子ができる。		
4 塩化銅と酸化銀の分解のモデルを示す。	・塩化銅と酸化銀の分解のモデルを知る。	
② 評価規準 原子・分子のモデルと関連付けて、物質は原子や分子からできていることについて自らの考えを導き、表現している。		
③ 授業における評価の具体例		
判断	評価規準	
A	水（分子）を電気分解すると、水分子の原子の結び付きが切れ、水素原子同士、酸素原子同士が結び付き、水素分子と酸素分子ができることを、原子・分子のモデルで表現し、 <u>体積比にも触れながら説明できる。</u>	
B	水（分子）を電気分解すると、水分子の原子の結び付きが切れ、水素原子同士、酸素原子同士が結び付き、水素分子と酸素分子ができることを、原子・分子のモデルで表現し、説明できる。	
④ 「C」評価の生徒への手だて ・どちらの極に何が生成するかを確認する。		

図3 第2学年「化学変化と原子・分子」の単元の第6時の学習評価例

(5) 第3学年「化学変化とイオン」の単元の指導と評価の計画例（表3）

表3は、第3学年の「粒子」に関わる「化学変化とイオン」の単元の指導と評価の計画例である。第3学年においては、「電池のしくみ」「酸・アルカリ」「中和」に関わる学習をイオンのモデルと関連付けて扱うことになる。第3学年の場合、これらの学習を教科書の流れに沿って位置付けてみると、第12時に「酸・アルカリとイオンのモデル」の学習、第15時に「中和反応とイオンのモデル」の学習、第18時に「電池とイオンのモデル」の学習をすることになる。位置付けるバランスとしては、単元の前半が不十分であるため、第7時に「電気分解とイオンのモデル」の学習を設定することでバランスをとることとした。

表3 第3学年「化学変化とイオン」の単元の指導と評価の計画例

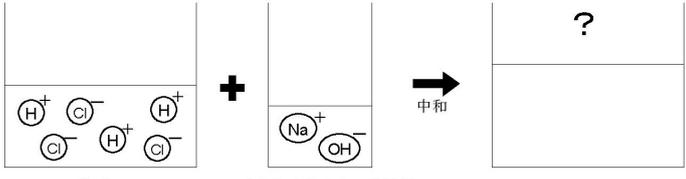
時	学習内容	ねらい	評価の観点				評価規準	評価方法
			関	思	技	知		
1	【生徒実験1】 水溶液の電気伝導性	水溶液に電流が流れるか調べる。	○			◎	○水溶液に電流が流れるか調べる実験に意欲的に取り組んでいる。 ◎電解質と非電解質を理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
2	【生徒実験2】 水溶液の電気分解① (塩化銅)	塩化銅の水溶液を電気分解し、生成する物質を調べる。			○	○	○塩化銅の水溶液を電気分解する方法を身に付けている。 ○塩化銅の水溶液を電気分解で生成する物質を理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
3	【生徒実験2】 水溶液の電気分解② (塩酸)	塩酸を電気分解し、生成する物質を調べる。	◎	○			◎塩酸の電気分解に意欲的に取り組んでいる。 ○塩酸の電気分解で生成する物質を推論し、自らの考えをまとめている。	行動観察 ワークシート
4	原子構造とイオン	原子とイオンの構造について理解する。				◎	◎原子とイオンの構造について理解し、知識を身に付けている。	ノート
5	イオンの記号と電離①	電解質溶液中では、物質はイオンに電離していることを知る。				○	○電解質溶液中では、物質はイオンに電離していることを理解し、知識を身に付けている。	ノート

6	イオンの記号と電離② (電離式)	いろいろなイオンの表し方を知る。			○	○イオンの表し方について理解し、知識を身に付けている。	ノート
7	電気分解とイオンのモデル	電気分解をイオンのモデルで説明する。	◎			電気分解の仕組みについて、イオンのモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
8	【生徒実験 3】 酸性とアルカリ性の水溶液の性質	酸性とアルカリ性の水溶液の性質を調べる。			◎	◎酸性とアルカリ性の水溶液の性質について理解し、知識を身に付けている。	ワークシート
9	【生徒実験 4】 酸やアルカリの性質とイオンとの関係①	酸の水溶液に電圧をかけ、リトマス紙の色の変化を調べる。	○		○	○酸の水溶液に電圧をかける実験に意欲的に取り組んでいる。 ○酸の水溶液に電圧をかける実験の計画的な実施の仕方を身に付けている。	行動観察 ワークシート
10	【生徒実験 4】 酸やアルカリの性質とイオンとの関係②	アルカリの水溶液に電圧をかけ、リトマス紙の色の変化を調べる。	○		◎	○アルカリの水溶液に電圧をかける実験に意欲的に取り組んでいる。 ◎アルカリの水溶液に電圧をかける実験の計画的な実施の仕方を身に付けている。	行動観察 ワークシート
11	酸・アルカリとイオン	酸、アルカリの正体について知る。			○	○酸、アルカリの正体について理解し、知識を身に付けている。	ノート
12	酸・アルカリとイオンのモデル	酸、アルカリの水溶液に電圧をかけたときのリトマス紙の色の変化をイオンのモデルで説明する。	◎			◎酸、アルカリの水溶液に電圧をかけたときのリトマス紙の色の変化について、イオンのモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
13	【生徒実験 5】 身のまわりの酸とアルカリ	身のまわりのいろいろな水溶液の酸性、中性、アルカリ性を調べる。	◎			◎身のまわりのいろいろな水溶液の酸性、中性、アルカリ性を調べる実験に意欲的に取り組んでいる。	行動観察
14	【生徒実験 6】 酸とアルカリの中和反応	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせたときに起きる変化を調べる。			◎	○塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応の計画的な実施の仕方を身に付けている。 ○中和反応により生成する物質を理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
15	中和反応とイオンのモデル	中和反応をイオンのモデルで説明する。	◎			◎中和反応の仕組みについて、イオンのモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
16	【生徒実験 7】 水溶液と電池	様々な水溶液と金属で、電池ができる条件を調べる。			◎	○水溶液と金属で電池をつくる方法を身に付けている。 ◎水溶液と金属で電池ができる原理を理解し、知識を身に付けている。	行動観察 ワークシート
17	【生徒実験 8】 化学電池	化学電池を作成し、条件の違いによる電流の大きさの違いを調べる。	◎			◎化学電池の条件の違いによる電流の大きさの違いを調べる実験に、意欲的に取り組んでいる。	行動観察
18	電池とイオンのモデル	電池の仕組みをイオンのモデルで説明する。	◎			◎電池の仕組みについて、イオンのモデルと関連付けて自らの考えを表現している。	ワークシート
19	身のまわりの電池	身のまわりには、様々な電池があることを知る。			○	○身のまわりにある電池の原理や利用を理解し、知識を身に付けている。	ノート
20	単元のまとめ		◎	◎	◎		ペーパーテスト

※◎：指導に生かすとともに記録して総括に用いる評価 ○：主に指導に生かす評価

#### (6) 第3学年「化学変化とイオン」の単元の第15時の学習評価例（図4）

第3学年は、中学校の最終学年であることから、まとめの段階と考え、授業においては現象をモデルで表わし、そのモデルを動かしながら説明する学習活動を位置付けた。また、「粒子」の概念の「粒子の結合」「粒子の保存性」に関わる部分であり、特に、「粒子の結合」を意識した学習活動を考えた。

① 指導内容・学習活動と評価		
指導内容	学習活動	★評価（方法）・備考
1 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応により生成する物質を確認する。		★科学的な思考・表現 （ワークシート） ・塩酸は変えず、加える水酸化ナトリウム水溶液の量に応じたモデルを考えさせる。（加える量は生徒が選択） ・モデルはホワイトボードにかく。 ・説明はワークシートに記入する。 ※この図の場合、1個のOH <sup>-</sup> とH <sup>+</sup> でH <sub>2</sub> Oが1個、1個のNa <sup>+</sup> とCl <sup>-</sup> でNaCl(Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> )が1個できる。加えた後は、H <sup>+</sup> が2個残るので液性は酸性になる。
塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応の様子をイオンのモデルで表わし、モデルを動かしながら説明しよう。  2 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応の様子を、イオンのモデルで表わし、説明文を考える。	・自分の考えをモデルでかき、説明文を考える。  	

3	ホワイトボードにかいたモデルを用いて中和反応の様子を全体で発表する。	・発表を聞き、自分の考えを深めさせる。	・考えに変更があれば赤ペンで修正する。
(例) $\text{OH}^-$ と $\text{H}^+$ で $\text{H}_2\text{O}$ が、 $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ で $\text{NaCl}$ ( $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ )ができる。加えた後は、 $\text{H}^+$ が残っているので液性は酸性になる。			
4	中和反応を利用している身近な例を示す。	・中和反応が日常生活で利用されていることを知る。	

② 評価規準  
イオンのモデルと関連付けて、中和反応による水と塩の生成について自らの考えを導き、表現している。

③ 授業における評価の具体例

判断	評価規準
A	(自分で加えた水酸化ナトリウム水溶液に応じた) 中和反応の様子 (生成する水と塩の量や液性) を、適切な状態のイオンのモデルで表現し、モデルを動かしながら、説明できる。
B	(自分で加えた水酸化ナトリウム水溶液に応じた) 中和反応の様子 (生成する水と塩の量や液性) を、イオンのモデルで表現し、モデルを動かしながら、説明できる。

④ 「C」評価の生徒への手だて  
・結び付くイオンを確認する。

図4 第3学年「化学変化とイオン」の単元の第15時の学習評価例

#### IV 研究のまとめ

今回提案した「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」は、次年度から始まる中学校学習指導要領の全面実施に向け、特に、観点「科学的な思考・表現」に関わる学習指導を進める上で、学校現場で活用できるものと考えます。あわせて、作成した「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」は、県総合学校教育センターの授業情報システムに掲載しました。

#### V 本研究における課題

第1分野の「粒子」の概念についての「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」を提案したが、今後は同じ第1分野の「エネルギー」の概念を柱とした「指導と評価の計画例」及び「学習評価例」を検討していく。

##### <引用文献>

文部科学省 2008 『中学校学習指導要領（平成20年3月告示）』, p. 72

文部科学省 2008 『中学校学習指導要領解説 理科編（平成20年9月）』, p. 20, p. 21

清原洋一 2011 「新しい学習指導要領の下での学習指導と評価（3）」『中等教育資料（平成23年2月号）』, p. 60, ぎょうせい

##### <引用URL>

青森県教育委員会 「学習状況調査実施報告書（平成23年度）」, p. 76

[http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kyoiku/e-gakyo/files/gakushu09\\_h23.pdf](http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kyoiku/e-gakyo/files/gakushu09_h23.pdf) (2011. 12. 20)

##### <参考文献>

国立教育政策研究所 2011 「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料」

文部科学省 2011 「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～【中学校版】」

学校図書株式会社 「中学校科学1」「中学校科学2」「中学校科学3」（平成23年2月4日検定済）

##### <参考URL>

学校図書株式会社 「平成24年度評価規準及び年間指導計画の詳細 A-1身のまわりの物質」

<http://www.gakuto.co.jp/hirika/down/h24-A-1.doc> (2011. 11. 28)

学校図書株式会社 「平成24年度評価規準及び年間指導計画の詳細 A-3化学変化と原子・分子」

<http://www.gakuto.co.jp/hirika/down/h24-A-3.doc> (2011. 11. 28)

学校図書株式会社 「平成24年度評価規準及び年間指導計画の詳細 A-6化学変化とイオン」

<http://www.gakuto.co.jp/hirika/down/h24-A-6.doc> (2011. 11. 28)