

# 中学校理科における思考力・表現力を高める指導法の研究

—第2学年「化学変化と原子・分子」での授業実践を通して—<sup>†</sup>

人見 久城\*・福地 達也\*\*  
宇都宮大学教育学部\*  
栃木県栃木市立大平南中学校\*\*

中学校第2学年理科「化学変化と原子・分子」において、ホワイトボードや立体的な粒子モデルを用いた話し合い活動を通して、思考力・表現力を高めるための授業を実践した。その効果をワークシート、ポートフォリオにおける記述、およびパフォーマンスなどをもとに評価した。その結果、ホワイトボードや立体的な粒子モデルを用いた話し合い活動は、思考力・表現力を高めるのに有効であることが示唆された。

キーワード： 中学校理科，思考力，表現力，化学変化，原子・分子

## 1. はじめに

PISA2006の調査結果において、日本の児童・生徒の学力は国際的には上位にあるものの、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題に課題があること、読解力に関して習熟度の低位層が増加していることが明らかになった。このような児童・生徒の現状を背景として、中央教育審議会答申(2008)における中学校学習指導要領改訂の基本的な考え方は、「生きる力」の理念の共有、基礎的・基本的な知識・技能の習得、思考力・判断力・表現力等の育成であることが示された。そして、教育内容に関する主な改善事項に「言語活動の充実」が挙げられた。そして、理科の改善の基本方針の1つに科学的な思考力・表現力の育成があり、充実する学習活動の例として、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動などが示された。この答申を受けて、2008年3月に告示された中学校学習指導要領では「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。」と示された(文部科学省, 2008)。

また、2010年5月には文部科学省より「小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善について」が通知され(文部科学省, 2010)、学習評価が新しい観点で行われることとなった。従前の理科の第2観点「科学的な思考」は「科学的な思考・表現」になり、「表現」の文言が付加されている。これらのことは、生徒が思考したことを表現できる場づくりの大切さを示唆している。つまり、目的意識を持って観察・実験を主体的に行い、課題を解決するなど、科学的に探究する学習活動を一層重視して改善を図りつつ、その上で、観察・実験の結果を分析して解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力の育成に重点をおくことと示されたのである。

## 2. 思考力・表現力を高めるための先行研究

中学校の理科授業におけるホワイトボードを活用した話し合い活動として、松永・佐伯(2011)は、話し合う場面(予想する場面、実験方法を考える場面、実験結果を分析して解釈する場面)と話し合う集団(班で話し合う活動、学級全体で話し合う活動)の2つに視点をあて、ホワイトボードを使用した話し合い活動の有効性を確認した。そして、発言記録や行動観察から、①生徒の考えや根拠をみとることができる、②生徒の意見や図を、友達の意見を聞き、容易に加筆・修正できる、③生徒がいただくイメージの異同を顕在化できる、と考察した。さらに、質問紙法の結果から、話し合う場面や話し合う集団に関

<sup>†</sup> Hisaki HITOMI\* and Tatsuya FUKUCHI\*\*:  
A Case Study of Teaching Methods to Enhance  
the Abilities of Thinking and Expression in  
Junior High School Science

\* Faculty of Education, Utsunomiya University

\*\* Ohiraminami Junior High School, Tochigi-city,  
Tochigi

ならず、いずれの場面もホワイトボードを用いることは有効であると述べている。

愛媛大学教育学部附属中学校(2010)は、「ホワイトボードを用いることで、仲間とのかかわり合いを活性化し、思考力・判断力とともに言葉を精選して表現力が養われた」と述べている。また、鳴門教育大学附属中学校(2012)は、「自分の考えを持つ段階で、ホワイトボードを用いて思考過程を可視化させることで、生徒の考えが具体的に見えてくるので指導が行いやすくなるメリットがある」と述べている。つまり、ホワイトボードはどのような場面でも授業に導入することで積極的な話し合い活動が行われるきっかけとなり、生徒の思考力・表現力を向上させるという点で優れた道具であることが分かる。このことから、本研究においても、化学変化と原子・分子の単元を通して、ホワイトボードを用いることの有用性を確認したいと考えた。

高島(2013)は、円状に切った画用紙による原子モデルについて、「分子モデルを平面的にしが見ることができず、立体的なイメージをもちづらい」ととらえ、具体的で実感できる教材として、発泡スチロール球を使用した分子モデルを取り入れた授業を実践している。その結果、「班の中で疑問をぶつけ合う生徒たちの姿が見られ、この工夫で生徒の学習意欲を高めることができた」と述べている。つまり、立体の粒子モデルは、平面のときより微視的な考え方が養われ、生徒の学習意欲が高まるという点で優れた道具であることが分かる。本研究においても、発泡スチロールに磁石を取り付けることでホワイトボードに貼れるようにし、マジックテープも取り付けることで分子を表現しやすくする工夫を加えて、立体の粒子モデルを使うことの有用性を確認したいと考えた。

### 3. 研究の目的

第2学年「化学変化と原子・分子」において、ホワイトボードや立体的な粒子モデルを用いた話し合い活動を通して、思考力・表現力を高めるための指導方法を検討し、授業実践を通してその効果を検証する。

## 4. 研究の方法

### 4-1. 指導方法の検討

生徒の思考力・表現力を高めるために、次のよう

な手立てを授業の中に取り入れた。

#### a) ホワイトボード

授業で使用したホワイトボードは、A3サイズのマグネット式ホワイトボード(裏面が磁石になっており、黒板に貼り付けることができるボード)である。各グループやクラス全体で話し合いを行うときに、自分の考えや友達への考えの思考過程を可視化させることができ、生徒がいただくイメージの異同を顕在化できる。さらに、観察・実験の予想を立てたり、考察を行ったりしたものを精選して、より簡潔な言葉や図でホワイトボードに表現させることで、思考力の向上をねらった。

#### b) 立体的な粒子モデル(磁石付・マジックテープ付発泡スチロール)

授業で使用した粒子モデルは、直径3cmの発泡スチロール球を原子ごとに色を塗り分け、表面にマーカーで原子記号を表示した。磁石を付けることでホワイトボードに貼り付けられるようにし、マジックテープを結合の数だけ付けることで、分子をよりイメージしやすいように工夫を施した。具体的で実感できる教材として、発泡スチロール球を使用した立体的な粒子モデルを取り入れることで、化学変化と原子・分子のモデルとを関連付けて微視的な見方や考え方の獲得と、思考力の向上をねらった。

## 4-2. 授業実践及び検証

○単元名： 第2学年「化学変化と原子・分子」

○単元の計画： 表1に示す。

表1. 単元の計画

第1・2時： 鉄と硫黄の化合 鉄と硫黄の混合物の加熱実験、話し合い
第3時： 酸化、燃焼 銅の加熱実験、予想と話し合い
第4・5時： 還元 酸化銅と炭素の混合物の還元実験 粒子モデルを使った話し合い
第6・7時： 定比例の法則 マグネシウムの加熱実験、グラフ作成 ホワイトボードを使った話し合い
第8時： 質量保存の法則(基礎) 開放系と閉じた系での実験 粒子モデルを使った話し合い
第9時： 質量保存の法則(応用) 閉じた系での炭素と酸素の加熱実験、 粒子モデル、ホワイトボードを使った話し合い
第10時： 熱の出入り 発熱反応と吸熱反応実験、まとめ

○対象： 栃木県内の公立A中学校第2学年  
2クラス計61名

○実施時期： 2013年5月下旬～6月中旬

○評価： 理科学習に対する意識については、授業の前後で調査した。また、知識・理解については、学習の前後および2ヶ月後（9月）に調査した。授業中は、思考力・表現力を高めるための手立てを取り入れたことによる効果を観察し、ワークシートにおける記述から生徒の思考・表現の様子を分析した。また、対象授業ではパフォーマンス評価を行うため、活動中の生徒の思考過程や話し合い、協同で実験に取り組む様子を、授業者のほかにも1～2名の教員に協力してもらい、ルーブリックを用いて評価を行い、思考力・表現力の変化を


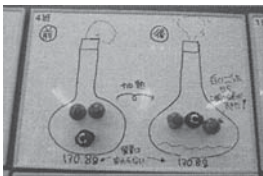
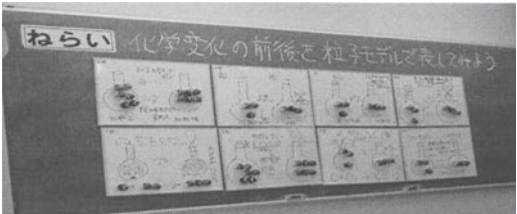
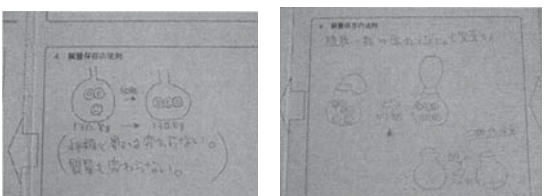
分析した。

## 5. 結果と考察

### 5-1. 授業のようす

例として第9時の展開のようすを表2に示す。質量保存の法則を学習する応用編という位置づけである。教材として、酸素で容器内を満たした丸底フラスコ内で炭素（木炭の小さいもの）を加熱する実験を用いた。現象としては、一定時間加熱すると炭素が燃え、やがては燃え尽きて無くなってしまふ。しかし、化学変化前後の質量を比較すると同じであり、生徒たちは驚きを感じていた。考察を行うにあたり、生徒はホワイトボードと粒子モデルを用いて、積極的な話し合い活動を行った。ホワイトボードの中身

表2. 第9時の展開

○番号：学習活動， T：教師の支援	生徒の発言や様子， ワークシート（W）や一枚ポートフォリオ（P）の記述
<p>① 化学変化で気体が発生しても、閉じた系であれば質量保存の法則が成り立つことを確認し、酸素を満たしたフラスコ内の炭素加熱実験を行う。</p> <p>T：実験手順，注意事項を確認し，実験を行わせた。 「質量保存の法則を粒子モデルを使って説明しよう！」</p> <p>② ホワイトボードと粒子モデルを用いて，グループで実験結果から考察を行う。</p> <p>③ 発表を行いクラス全体で考えや意見を共有する。</p>	 <p>・あっ！炭素が燃えつきたら無くなっちゃった！ ・反応後に目で見える物質がなくても，化学変化の前後の全体の質量は同じだ！</p> 
 <p>④ 本時のまとめを行い，一枚ポートフォリオを用いて振り返りを行う。</p> <p>『質量保存の法則は，化学変化の前後での全体の質量が同じ（原子の種類と数が同じ）である。』</p>	<p>P：質量保存の法則について，わかったことを書いてみよう！</p> 

を見ると、色分けした分かりやすい図を用いたり、本授業に重要なキーワードを用いて簡潔にまとめたりと、それぞれの班で工夫したまとめができており、生徒たちの思考力・表現力の向上が感じられた。

## 5-2. 生徒の意識

### (1) 理科の学習場面に対する意識

表3は、松原(2004)が理科の学習場面の好き・嫌いを調査した際に用いた質問項目で、それぞれに対して、「とても好き、やや好き、やや嫌い、とても嫌い」の4件法で回答するものである。本研究において、授業の前後で調査した結果を表4に示す。授業の前後で全体的に大きく変化はしていない。1×2の直接確率計算をしたところ、項目2（自分の予想や考えなどを発表すること）と項目8（観察や実験の結果、わかったことを発表すること）においていずれも5%水準で事前と事後の間に有意差が見られた。これらのことから、ホワイトボードや立体的

表3. 理科の学習場面に対する意識を問う項目

1.自分が観察や実験の結果を予想すること
2.自分の予想や考えなどを発表すること
3.自分の予想や考えなどをノートやプリントに書くこと
4.自分が観察や実験の方法について考えること
5.友達から観察や実験の方法を教えってもらうこと
6.自分が個人またはグループで観察や実験をすること
7.観察や実験の結果から、わかったことをノートやプリントにまとめること
8.観察や実験の結果、わかったことを発表すること
9.観察や実験の結果、思ったことや考えたことをグループで話し合うこと
10.観察や実験の結果、思ったことや考えたことをクラス全体で話し合うこと
11.クラス全体の観察や実験の結果から、何がわかるかを考えること

表4. 理科の学習場面に対する意識（単位：人）

項目	事前		事後		(N=52)
	肯定	否定	肯定	否定	
1.	31	21	38	14	
2.	10	42	26	26	
3.	31	21	37	25	
4.	32	20	37	25	
5.	41	11	38	14	
6.	47	5	50	2	
7.	31	21	44	8	
8.	15	37	31	21	
9.	31	21	39	13	
10.	21	31	32	20	
11.	26	26	33	19	

な粒子モデルを用いて、4名1グループの少人数で話し合い活動を行う環境を整えたことが、生徒の思考力・表現力の高まりにつながり、理科の学習場面の「好き」への変容につながったと推察できる。

### (2) 学習方法に対する生徒の意識

図1（次ページ）は、本単元の学習後に、学習方法に対する意識をたずねたものである。「とてもそう思う」と「そう思う」を合合わせると、ほとんどの項目において肯定的回答が80%を超えている。中でも、「友達やグループで話し合うことは大切だ」「ホワイトボードを用いると発表がしやすい」「粒子モデルを用いると話し合いが深まる」「粒子モデルを用いると発表を聞いていて分かりやすい」などの項目では、肯定が90%以上となっている。これらのことから、本実践において、ホワイトボードや立体的な粒子モデルを導入したこと、それらを用いて積極的に話し合い活動を行わせたことへ生徒は肯定的にとらえたとともに、思考力・表現力が向上したと生徒自身が認識していることがわかる。その一方で、「進んで発表しようと思う」では約30%、「発表する活動が楽しい」では約20%の生徒が否定的な回答をしている。

## 5-3. 知識・理解

### (1) 「質量保存」に関する理解

本単元の学習を通して、「質量保存」に関する理解がどのように変化したかについて、事前、事後および2か月後の計3回の調査をおこなった。内容は、閉鎖系において塩酸と炭酸水素ナトリウムを反応させたときの質量を問うもので、「とちぎの基礎・基本」（栃木県教育委員会、2010）を参考にした。その結果（図2）、正答率は事前で52%、事後（学習直後）で91%、約2か月後では70%であった。

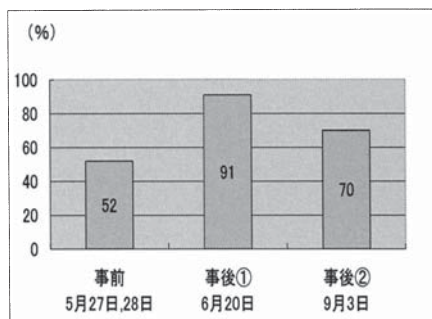


図2. 質量保存に関する正答率



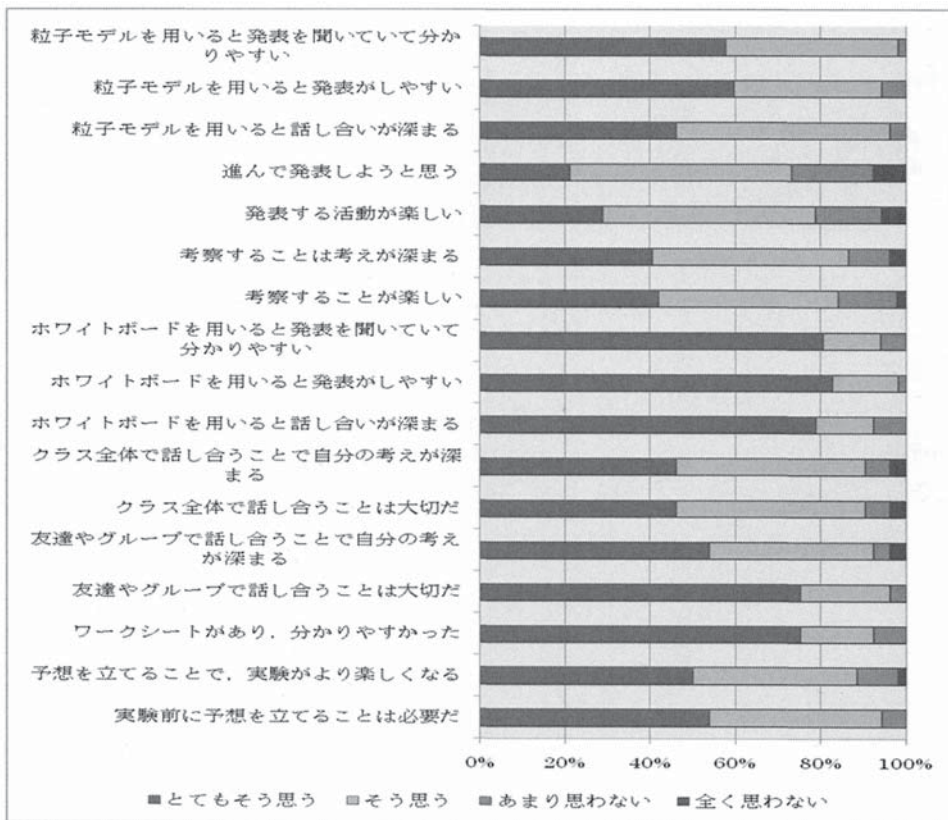


図1. 学習方法に対する生徒の意識

(2) 思考力・表現力を見るための応用問題

生徒が今までに学習活動を通して身につけた知識や技能を用いて、どの程度思考・表現できるのかを見るために、授業の前後において、応用問題(図3, 水の電気分解について、反応前と反応後のようすを粒子モデルを用いて説明させるもの)に取り組ませた。この問題の評価ルーブリックは、表5のようにした。

表5. 「水の電気分解」問題におけるルーブリック

- A: 反応の前後で、分子の種類と数が同じように表現できている。
- B: 反応の前後で、原子・分子の種類は正しく表現できている。しかし、分子の数が異なって表現されている。
- C: 反応の前後で、原子・分子の種類が異なり、分子の数も異なって表現されている。
- D: 原子・分子の表現がかけない。無回答。

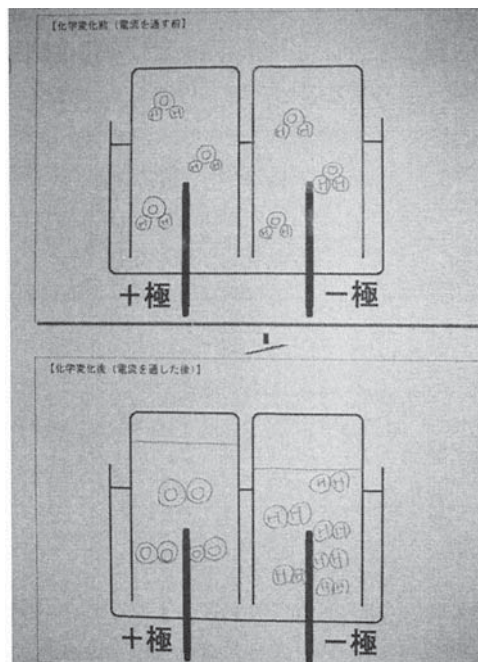


図3. 応用問題（水の電気分解）への回答例

応用問題は、授業実践の対象である2クラスで行った。しかし、もう一方のクラスとの条件が大きく異なってしまった。そこで、十分に回答時間の取れたクラスのみについていた。しかし、一方で調査の時間が十分に取れず、分析する。4段階評価における分布を図4に示す。

事前調査では、A評価の生徒が2人、B評価の生徒が6人、C評価の生徒が7人で、これらを合わせると全体の約52%となった。一方、D評価(何もモデル図がかけなかった生徒)は14人であり、全体の約48%を占めた。水の電気分解についての事前調査では、現象としては約72%の生徒が理解し知識が定着しているものの、そのことを正しく表現できる生徒はとても少ないということが浮き彫りになった。

授業後に同じ問題に回答させた。A評価の生徒が7人と全体の約24%に増えた。B評価、C評価ともに増え、D評価は3人となり、事前調査のときよりも大幅に人数が減った。

生徒の変容についてさらに詳細に分析すると、事後のA評価7人中5人が事前ではB、C評価であった。このことから、これらの生徒においては、曖昧であった知識が授業を通して正確に定着したことがわかる。また、事前のD評価から事後のA評価になった生徒1人は、一枚ポートフォリオの学習後の感想で「考える能力があがった」と答えている。このことから、授業実践を通して自らの思考力・表現力が向上したと認識していることが推察される。さらに、事前でD評価であった他の生徒も3人がB評価へ、7人がC評価へと変容している。このことから、正確な知識の定着までは至っていないが、授業実践を通し、取り組む姿勢が学習前より前向きになっていると推察される。

事前調査より事後調査の方が評価が上がった生徒の代表8人にインタビューを行ったところ、「授業で化学変化の前後で原子の種類と数が同じと学習したから」という回答が得られた。このことから、多くの生徒で知識が定着しつつあることが確認された。つまり、本単元の授業を通して、ホワイトボードや立体的な粒子モデルを用いて話し合い活動が積極的に行われ、生徒の思考力・表現力が高まったため、自分の考えや意見に自信が持てるようになり、多くの生徒で知識の定着につながったと考えられる。

また、事前と事後で評価が変わらない生徒がB評価で7人中3人、C評価で12人中3人であった。

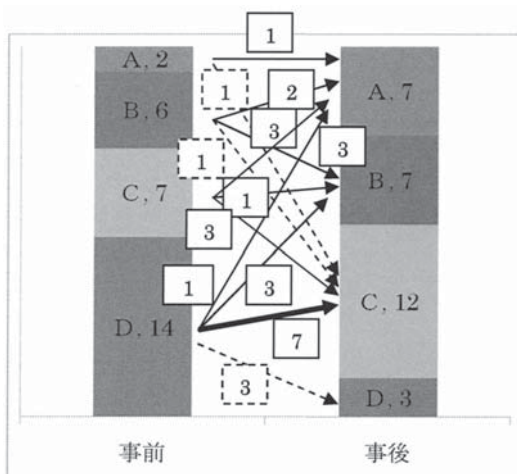


図4. 応用問題における評価の分布 (数字は人数を表す。A～Dは表5参照)

さらに、事前より評価が下がってしまった生徒として、A評価からC評価へが1人、B評価からC評価へが1人、であった。評価が下がってしまった生徒2人にインタビューを行ったところ、「分子表現を忘れてしまったから」「あやふやな理解だったから」という意見が聞かれた。このことから、たとえ思考力・表現力の向上をねらった授業を展開しても、1度の授業だけでは完全な知識の定着にはつながらないということが推察される。引き続き、継続して思考力・表現力を高める授業を展開していくことが、知識定着につながると考えられる。

#### 5-4. 生徒の理解と手立ての効果

##### (1) ホワイトボードの導入

初めは書くことに時間がかかり、ホワイトボードに考察を文章で表現してしまう班が見られた。しかし、利用していくうちにホワイトボードの扱いにも慣れ、簡潔に分かりやすく書くことができるようになった。そして、黒板に掲示したホワイトボードを見ながら班ごとの発表を聞くことで、クラス全体で各班の考えを共有することもできるようになった。また、ホワイトボードの大きさが限られているため、必要なことのみを簡潔な言葉や色分けされた図を用いて分かりやすく書かなくてはならない。班ごとに考察した内容を精選して書く過程は、思考力の向上につながったと考えられる。

事後調査で行ったアンケートにも、「図や簡潔な言葉で表現するので分かりやすかった」「考察をま

とめやすかった」などの肯定的な意見が 52 人全員で見られた。これらのことより、ホワイトボードを導入する手立ては、生徒の思考力を向上させるのに有効であったと考えられる。

## (2) 立体的な粒子モデルの導入

発泡スチロール球に、ホワイトボードへ貼り付けるための磁石や球同士を結びつけるマジックテープをつけた。これらの工夫を施した粒子モデルを初めて手にした生徒たちの反応はとても良く、学習意欲が高まっていることが感じられた。そして、最初から分子の形で作ってあるモデルを与えるのではなく、原子の状態を生徒へ与えたことで、あえて間違いを引き起こすこともできた。生徒に葛藤をもつ場面を与えることができたのは非常に良かったと考える。生徒から出た間違いは「良い間違い」(図5)として積極的に考えた過程を評価させるようにした。このようにすることで、粒子モデルを使いながら班の中で積極的な意見交換が行われ、生徒の思考力を高めることにつながったと考えられる。なお、生徒から出てきた「良い間違い」は、発表時に全員で確認し、正しい知識(図6)として補てんするようにした。

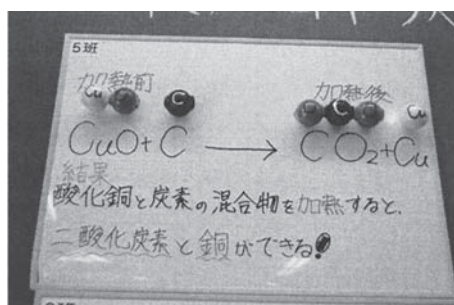


図5. 「良い間違い」の例(化学変化の前後で原子の数が同じではない)

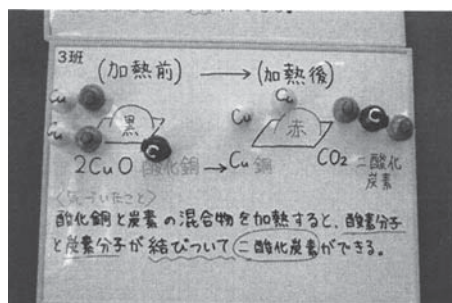


図6. クラス全体で修正確認した例(生徒の発言により、左辺に炭素原子を加え、右辺に銅原子を加えた)

このように、「良い間違い」の発表をした班の考察の過程を賞賛しつつ、クラス全体の話し合い活動の場面で、足りない部分を取り上げることで、発表した班の生徒だけでなく生徒全員に正しい答えを考えさせることができた。このような話し合い活動をくり返すことで、思考力が高められると考えられる。また、事後調査で行った生徒アンケートにも、「立体的で見やすく分かりやすい」「原子を動かせるので考えやすい」「実際に手にとって考えられたのがよかった」などの肯定的な意見が 52 人中 47 人で見られた。これらのことから、立体的な粒子モデルを導入する手立ては、生徒の思考力を向上させるのに有効であったと考えられる。

## 6. おわりに

### 6-1. まとめ

思考力・表現力の育成のために、本実践では、ホワイトボードと立体的な粒子モデルを使った話し合い活動を位置づけた。いずれの手立てに対しても、生徒からは肯定的な評価が得られた。また、理科の学習場面に対する意識では、「自分の予想や考えを発表すること」「観察や実験の結果、わかったことを発表すること」において、授業後、有意に向上した。知識・理解の面においても、授業後に向上が見られた。本実践における2つの手立ての効果を確認できたと考えている。さらに、粒子モデルの使い方においては、「良い間違い」をクラス全体で検討するなど、興味深い場面が見られた。思考力を向上させる指導方法の良い事例になったと考えられる。

### 6-2. 今後の課題

ホワイトボードの使用にあたって、発話記録などのきめ細かい分析は実施していない。個人の思考がグループやクラス全体へどのようにつながっていくのか、その過程を明らかにすることは、思考力育成の場面や指導方法を検討する上で、重要であると考えられる。個人やグループ内での発話に基づく分析について、今後の課題としたい。

本実践の粒子モデルは、発泡スチロール球を用いたもので、立体的なものである。平面モデルと立体モデルでは、生徒の理解にどのようなちがいが見られるのかも興味深い点である。両者の比較による分析も、今後の課題としたい。



謝辞： 授業実践にご協力をいただいた青木稔憲校長先生をはじめA中学校の先生方、生徒の皆様には感謝の意を表す。

付記： 本研究は、平成 25 年度前期宇都宮大学教育学部内地留学研究(福地)の一部として実施された。本研究の一部は、日本理科教育学会第 52 回関東支部大会(2013年11月,筑波大)において口頭発表した。

#### [文献]

愛媛大学教育学部附属中学校(2010)：仲間とのかわり合いの中で科学的な思考力を養う指導の工夫，中等教育資料，No.891(2010年8月号)，pp.16-21.

高島広平(2013)：理科授業における教材の価値と一学習意欲を喚起する教材・教具の工夫を通して，理科の教育，2013年6月号，pp.31-34.

中央教育審議会答申(2008)：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。

栃木県教育委員会事務局学校教育課(2010)：

とちぎの子どもの基礎・基本，

<http://www.pref.tochigi.lg.jp/m04/education/gakkoukyouiku/shouchuu/syuutokujyoukyou/documents/tyu2-ri-mon.pdf>

鳴門教育大学附属中学校(2012)：科学的な思考力・表現力を育む授業の創造一言語活動の充実と観点別学習状況評価を生かした指導を通して，中等教育資料，No.924(2012年7月号)，pp.20-25.

松永 武・佐伯英人(2011)：中学校の理科授業におけるホワイトボードを活用した話し合い活動，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，第 32 号，pp.7-16.

松原道男(2004)：中学生が必要とする理科学習場面，金沢大学教育学部紀要(教育科学編)，第 54 号，pp.111-116.

文部科学省(2008)：『中学校学習指導要領解説 理科編』，大日本図書.

文部科学省(2010)：小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校等における児童生徒の学習評価及び指導要録の改善につて，

[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/hakusho/nc/1292898.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/1292898.htm).

(上記 URL は 2014 年 3 月 25 日アクセス確認済)