4　理科

理科学習における探究的学習活動の効果的な展開を目指して

―単元を貫いた粒子領域の授業実践―

原田　雅史

本論の要旨

本研究では，生徒が理科学習において能動的に学ぶため，本校で行っている総合学習「BIWAKO TIME」をイメージした学習のプロセスを取り入れた。①自らが学習課題の設定を行う，②課題解決のために必要な情報を収集する，③収集した情報を整理・分析する，④自らの考えを他者へ発表する，⑤新たな課題を発見し学びを深める，という探究的学習活動の効果的な展開を目指す授業実践を行った。

今回は，粒子領域の「さまざまな化学変化」の単元について，仮説設定・情報収集・情報の整理・単元の振り返りの場面に工夫点を設定することで，生徒が知的好奇心や探究心をもって，自然に親しみ，主体的に実験を行い，お互いに教え合い，学び合う授業を目指した。その成果と課題について，学習中や学習後の生徒の様子を重ねて報告する。

キーワード　探究的学習活動，思考ツール，能動的な学びを意識する，一枚ポートフォリオシート

1. はじめに

平成 28 年の中央教育審議会答申[1)]において，「生徒が学習内容を人生や社会の在り方と結びつけて深く理解し，これからの時代に求められる資質・能力を身に付け，生涯にわたって能動的に学び続けることができるよう，主体的・対話的で深い学びの実現に向けて，授業改善に向けた取り組みを活性化していくことが重要である」とした上で，対話や議論を通じて，自分の考えを根拠とともに伝え，他者の考えを理解し，自分の考えを広げ深めたり，集団としての考えを発展させたりする活動から生きる力を育んでいくことを推奨している。

しかしながら，授業の討論時に自らの考えや集団の考えを存分に発展させていくことができず，単なる意見交流の場として終えてしまい，討論が深まらない生徒の姿は授業中にしばしば見受けられる。浅い考えでは学びは深まらず，次の題材や学習単元への学びの意欲が低下してしまうように感じる。授業の中で新たな課題へ向かおうとする姿勢はなかなか見られず，探究的学習活動を取り入れていくことの難しさを感じていた。

また，生徒が理解していること・できることをどのように深めるかについては，授業者が意図して思考力・判断力・表現力を高める手立てを丁寧に考察し，実践していくことも大切である。

本年度，本校の研究テーマは，「探究的学習活動を取り入れた，論理的・創造的に思考・判断・表現する力の向上」である。本校で行っている総合学習「BIWAKO TIME(以下 BT)」をイメージした探究型学習(BT 型探究活動)のプロセスは，以下の通りである。

課題の設定
情報収集
整理と分析
発表
新たな課題(と発信)

そこで BT での探究的学習活動の実践を活かして，理科学習においても単元を貫いた探究的学習活動の効果的な展開を目指すこととし，本研究の主題を設定した。

また，自分の考えを論理的に思考させたり，互いの考えを伝え合って自分の考えとの相違点を探しながら聞いたりすることには「思考ツール」や「交流タイム」の活用が有効であると考え，互いの考えの共通点・相違点を発見するために用いて整理させ，言語活動の充実を図っていきたい。

2. 研究のねらい

○生徒の意見発表をつないでいく授業展開や思考・判断等を助ける思考ツールの活用を用いて，生徒が自ら教え合い，深く学び合う授業を目指したい。

○単元を総括する題材で生徒が知的好奇心や探究心をもって，自然に親しみ，主体的に観察・実験を行う探究的学習活動の実践から，生徒の変容を見取りたい。

3. 研究仮説

○生徒は今まで学習してきた内容事項と関連性を感じながら課題に向かうことができれば，身につけさせたい知識や技能は定着し，次の学びに向けての新たな課題を探し始めようとする態度を高められるのではないか。

○個人ではなく，グループ単位での学習形態を取ることで，主体的・対話的に学習に向かおうとする姿勢が強められるのではないか。

4. 研究内容

(1) これまでの学習の経緯

今回の研究対象は，第二学年の粒子領域より「さまざまな化学変化」とした。生徒は一年生で，物質が粒子でできていることを学習している。その粒子の概念をモデル化し，状態変化や水溶液の学習に活かすことで，巨視的な現象を微視的な現象として理解できるように学習を深めてきた。また，観察や実験に慣れ，プロトコル通りに正確に取り組もうとする態度が身についてきている。しかしながら，自ら考えた仮説を検証するために必要な条件を考えて実験に取り組むことについてはあまり経験がなく，苦手とする生徒が多い。

また，二年生では，その粒子の正体が原子で，原子の組み合わせが違うと物質が異なることを学ぶ。生徒が今まで使っていた粒子モデルの概念は，まさしく原子の組み合わせでできている分子であり，そのまま分子の概念に置き換えられて定着していくことになる。1 年生で学習した状態変化と比べさせながら化学変化を導入し，化学変化では全く違う物質ができることに気づかせるようにした。

化学変化の概念が形成され始めたら，その様子を原子のモデルを用いて深め，さらに原子は簡単な記号を用いて表現されるということで，化学反応式について導いた。化学反応式は単純なものから複雑なものへ思考できるように以下の構成を考え，実践を行った。

(2) 単元構成(授業時数　全 18 時間)

第 1 次　炭素の酸化
第 2 次　鉄と硫黄の化合
第 3 次　水素の酸化(水の合成)
第 4 次　マグネシウムの酸化
第 5 次　酸化銅の還元Ⅰ(炭素で還元)
第 6 次　酸化銅の還元Ⅱ(水素で還元)
第 7 次　二酸化炭素の還元
　　(マグネシウムで還元)
第 8 次　発熱反応と吸熱反応
第 9 次　調査研究学習…本時

(3) 研究の具体的方法

2. 研究のねらいの達成に向けた取り組みを，(2)のような構成で行う。授業においては，BT をイメージした探究型学習活動(BT 型探究活動)のプロセスを受けて，「課題の設定→情報収集→実験・検証→整理・分析→発表」の流れを取り入れ展開することにした。

また，それぞれの授業の最後には，本時で取り扱った実験を，化学式を用いて化学反応式として表現させることで，探究型学習活動へ自然と導けるように設定した。以下に，授業の展開例を**図 1** に示す。

以上の取り組みの成果を，生徒のワークシートの状況などから把握し，改善に役立てる。

学習内容・活動
1. 古代人と青銅器について知る。【課題の設定】
2. 資料を読み，疑問に思ったことを話し合う。【情報収集】
3. 仮説を立てる。
4. 酸化銅と炭素を混ぜて加熱し，銅ができるか実験する。【実験・検証】
5. 実験から得られた結果を整理し，どのような化学反応が起こったか分析する。【整理・分析】
6. 化学式を用いて化学反応式で表す。
7. 各グループの考察を発表・交流する。【発表】

図 1　授業の展開例(第 5 次　酸化銅の還元)

5. 授業事例

(1) 第 9 次　調査研究学習について

ここでは，4. (2) で示した調査研究学習について紹介する。なお，学習指導要領[2)]では，「化学式や化学反応式については，簡単なものとして，観察，実験などで実際に扱う物質や化学変化で構成する原子の数が少ないものを取り扱う」とされており，調査研究学習の課題設定についてもこの点に留意しながら行った。

また，本単元では，主に化合と酸化・還元を取り扱い，さまざまな化学変化を化学反応式で表すことは化学変化に関する原子や分子の種類や数をとらえる上で有効であることに気づかせるねらいがある。本時は単元末の総括の扱いとなるものであるから，取り扱う物質は生徒にとって今まで学習したことがあると実感できるものを選択するように留意した。

以上の点を考慮しながら，酸化銅の粉末と塩酸を反応させ，塩化銅水溶液ができる化学変化と，できた塩化銅水溶液にスチールウールを入れると，水溶液中から銅が析出し，スチールウールの表面に付着する化学変化を課題とし，それらを解決すべく授業を展開した。学習過程を，**図 2** に示す。なお，調査研究活動は全 7 時間で構成されている。

学習内容・活動

次の演示実験を観察する。

Ⅰ：酸化銅と塩酸を反応させる。⇒青色の液体ができる。

Ⅱ：できた青色の液体にスチールウールを反応させる。

⇒液体の青色が薄まり，スチールウールが赤く変色する。

酸化銅がどのようになったか説明しよう。

疑問に思ったことを話し合う。

実験Ⅰについて仮説を立てる。【課題の設定】
仮説検証の方法を考える。【情報収集・実験方法の検討】
各グループで考えた実験を行う。【実験・検証】
実験から得られた結果を整理・分析する。【整理・分析】
各グループの考察を発表・交流する。【発表】
新たな疑問や課題を話し合う。【新たな課題】

実験Ⅱについて仮説を立てる。【課題の設定】
仮説検証の方法を考える。【情報収集・実験方法の検討】
各グループで考えた実験を行う。【実験・検証】
実験から得られた結果を整理・分析する。【整理・分析】
各グループの考察を発表・交流する。【発表】
新たな疑問や課題を話し合う。【新たな課題】

酸化銅に含まれる銅がスチールウールに付着したことを知る。

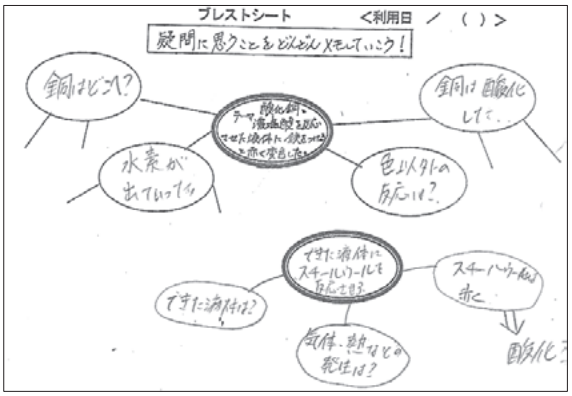
図 2　本時の学習過程(学習内容・活動のみ抜粋)

(2) 調査研究学習の指導上の工夫点

①仮説設定時における思考ツールの活用
～疑問や考えを論理的に整理するために～

生徒が論理的に自らの疑問や考えを発想・整理・分析・比較・集約などを行えるように，いくつかの思考ツールを活用した。

生徒が探究的に学ぶ中で，仮説設定の場面はとりわけ難易度が高い。本時では，どのような仮説を立てるか発想をふくらませたり，論理的に物事を整理したりするときは，**図 3** のようにブレストシートを活用した。体験活動を通して不思議に思ったり疑問に感じたりしたことをとにかくワークシートの書き出し，ぼんやりとした仮説を具現化していく活動が実現しやすくなるのである。



また，仮説を検証するためにどのようなことが確かめられればよいかを考えるときに**図 4** のように，ピラミッドストラクチャーを活用した。さまざまなアイデアを統合しながら一つのアイデアに絞り込んでいくことができるため，グループでの話し合い活性化にも大変効果的である。

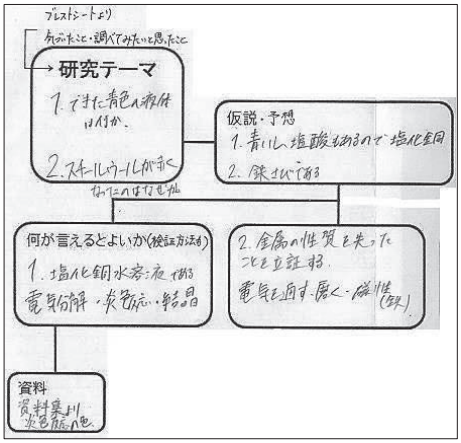


図 4　生徒のピラミッドストラクチャー

②実験装置，参考資料となる書籍等の配置の工夫

情報収集の場面において，生徒は教科書やノートを見返すわけであるが，学習グループ同士だけでの交流では広がりがなく，深い学びにつながる授業とはいえない。理想としては，教室全体が学びの場となり，生徒全員が課題意識を持ち，主体的に活動する必要があると考えた。

そこで**図 5** のように，理科室の後方机上に理科室所有の書籍や資料集，便覧などを設置した。また，同様に双眼実体顕微鏡や豆電球，駒込ピペットなど，今後の検証実験の手がかりになり得る実験器具を設置するスペースも用意した。

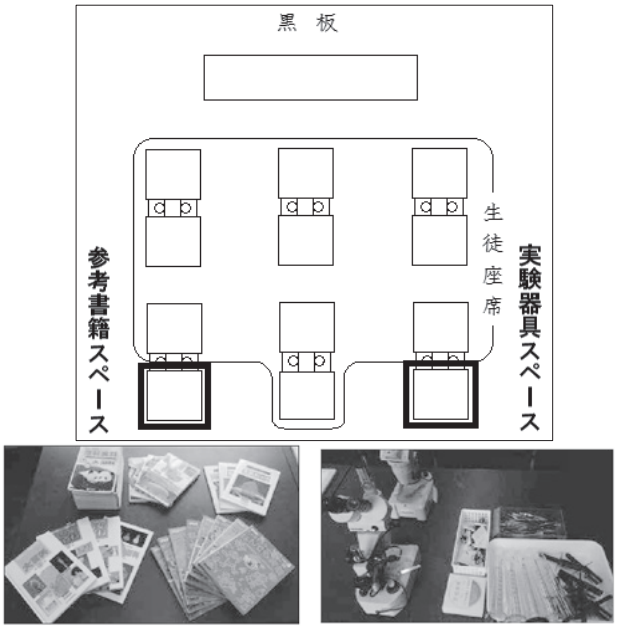


図 5　実験装置，参考資料となる書籍等の配置

生徒が教室内を自由に歩き回る流れができ，生徒間交流が盛んに行われる授業展開をねらいとした。また，実際の実験器具などに触れながら思考することで，既知の学習内容を振り返ることができるのではないかと考えた。

③ホワイトボードの活用

図 6 のように，各グループで話し合われた結果を学級全体に周知しながら情報を整理する場面には，マグネット式ホワイトボード(25 ㎝×36㎝)を活用した。

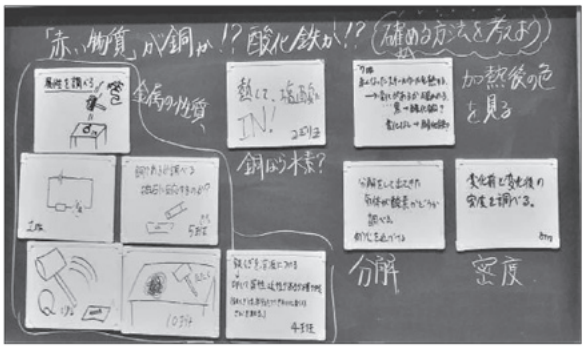


図 6　情報の整理の場面

④一枚ポートフォリオシートの活用

指導と評価の一体化を目指した授業を目指して，**図 7** のように，一枚ポートフォリオ(以下 OPP)シートを活用した。

一般的には，単元全体を通して学習前後で自分の考えがどのように変容したか分析をさせ，メタ認知能力の育成を図られることが多いが，今回は調査研究学習における生徒の変容を見取るため，授業時間ごとの学習の成果や履歴を残すように指導した。

OPP シートの裏面には，「酸化銅はどのような化学変化を起こしたのか」について記述させることで，また，新たな疑問や解決されなかった疑問など，次の学習につながるものがあったかどうかを振り返らせることで，さらに学びが深まるように工夫した。

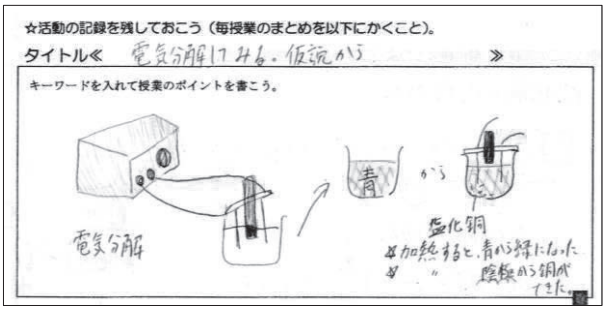


図 7　一枚ポートフォリオ

(3) 成果について

①生徒の学習時の様子について

どの生徒についても，調査研究活動が始まった時は全く見当もつかない様子であったが，演示として見た実験をもう一度丁寧に振り返り，自分がどのような現象について不思議に感じているのかをブレストシートに記入する作業をしているうちに，グループ内においても同様の疑問を持つ者が多数存在していることに気づいていった。特に，以下に示す，「物質の色の変化」疑問を持つ生徒が大半を占めていた。

- なぜ酸化銅と塩酸を反応させると青色の液体になるのか。
- なぜ青色の液体にスチールウールをつけると，スチールウールが赤く変色するのか。

グループ内での交流を進めるうちに，この実験では塩酸やスチールウールの色が変化したことから，今まで学習してきた化学変化が起きたのだろうということを主張する生徒が出始めた。また，考えをふくらませた生徒はそれらを化学式で表そうとする姿が見られ始めた。また，青色の水溶液になる物質はないかと，**図 8** のように教科書や資料集などを手分けして探す生徒も現れるようになってきた。どの生徒においても，疑問に対する仮説を持ち始めるようになってきたのである。



図 8　色の変化について情報収集する生徒

実験Ⅰにおいて，多くの生徒は**図 9** のように，酸化銅と塩酸を反応してできた青色の液体を電気分解することで，塩化銅水溶液であることを確かめる実験を提案し，その手順をノートにまとめていた。塩化銅を電気分解してできる物質は塩素と銅である。見る見るうちに水溶液につけていた電極の先に変化が起こり，生徒の仮説は立証されることになった。

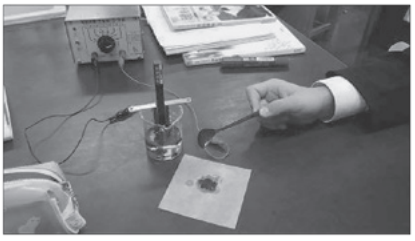


図 9　塩化銅水溶液の電気分解の様子

また，別のグループでは，**図 10** のように，青色の液体が付着した金属製のスパーテルをガスバーナーの炎の中に入れると，炎の色が緑色に変色するのではないかと考え始めた。さらに資料集などを活用して「銅を含む水溶液に炎を近づけると，ガスバーナーの炎が緑色に変化する」という炎色反応について調べ始める姿が見られた。銅の存在を確かめる方法の一つに炎色反応があると知り，自らの仮説を深める姿が見られた。



図 10　炎色反応を確かめている様子

さらに違う方法で青色の液体の正体が塩化銅水溶液であることを立証しようと考えたグループもあった。そのグループの仮説は，もし塩化銅の結晶をつくることができたならば，その形によって塩化銅であるかどうかを判別できるのではというものであった。結果として，潮解性がある塩化銅から結晶を作ることは困難であり，検証するには技術的な難しさが課題となった。しかし，積極的に主体性を持ち仮説を検証しようとする姿が見られた。

以上のように，各々が課題解決のために考え立証した仮説にはどの生徒も自信を持って自らの考えを交流する場面が見られた。交流の場面で，どの生徒においても納得した表情で，真剣に耳を傾け，理解を深めようとしていた。実験Ⅰでは，酸化銅と塩酸が化学反応を起こして，塩化銅水溶液ができたということが分かった時，達成感に満ち溢れた生徒の様子を見るときっと学びを深めることができたに違いない。

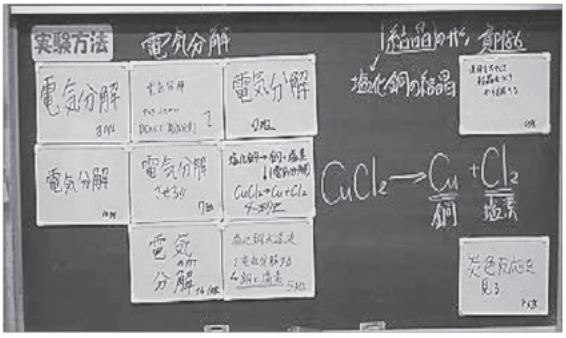


図 11　仮説を発表し合う場面の黒板の様子

(2) 活動後のノートやワークシート

OPP シートの裏面には，次の振り返り項目「調査研究を行う前後であなたの考えはどこがどのように変化しましたか？」を設け，生徒の学習前後での変容と次の学習への疑問を記述させるようにしていた。生徒記述を抜粋し，以下に示す。

①普段の授業では，元からある課題をただ実験するだけだったけど，今回の授業はある実験からみんなで疑問に思うことを出し合い、どうやって解決していくのかを「自分たちで研究」することができて，とても楽しかったです。BT のように自らの疑問を深めることは大きな学びにつながると思います。
②いつも一つ疑問を立てて解決していたが，それからさらにまた疑問を立てて解決していくとスッキリすることがわかり，深めることができる。
③研究をすることで生まれた疑問をまたさらに追究して，研究して実験をすることが楽しくなった。
④より具体化されて，絵が描けるようにまでなった。
⑤化学反応式を立てると，化学反応をより簡単に推測することができる。
⑥酸化銅でも塩化銅ができるということ。
⑦銅が入っているけれども，水溶液があるということ。
⑧考えていることと違うことが起きるのは今までにもあったけれど，論理的に考えても違うことが起きてしまうことがわかった。

まず①によると，学びに対する喜びを表現していることがわかる。いつもの授業とは違う手ごたえを感じることができたのだろう。今までの学習の成果が発揮できたのかもしれない。いずれにせよ，能動的な学びが展開できたと考えている。その要因は，「疑問を出し合い，全員で解決していけた」ところにある。授業者から授けられた知識を一方的に享受するのではなく，それを踏まえて他者に発信し展開させたことが単元の学習を積み重ねていくうちに，得た知識が表面的で浅い知識としてではなく，長く脳裏に留めておくことができる深い学びにすることができたのではないだろうか。やはり，BT 探究型活動のプロセスは知識の質を深めるために大変効果的であるといえるのではないだろうか。

また，②③によると，疑問が解決されていくとき，知的好奇心や探究心が満たされることもわかる。その瞬間，学習によって得られた知識の有用であると実感できるのであろう。

さらに，④や**図 12** のように，頭の中が整理されて微視的な概念がより具体化され，生徒の中に定着した生徒の様子も見られた。

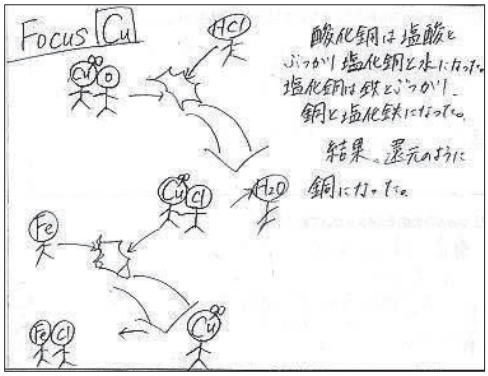


図 12　OPP シートに生徒がかいたイラスト

その他に，化学変化に関する原子や分子の種類や数をとらえる上で有効であることに気づくことができた生徒の記述⑤⑥⑦も見受けられる。本単元において，化学反応式を仮説の設定に活用できるようになると，仮説を立てる力が養われ，探究的学習活動に成り得る授業が展開しやすくなる。

そして，⑧とあるように，探究的学習活動には試行錯誤の経験が学びを深めるということが考えられるのではないだろうか。今までの授業と同じように悩んでみたが，今回はどうやら自分の考えたこととは違った事実があった生徒がいた。自らの考えが論理的でなかったということに対して生徒の悔しさを感じるが，それ以上に大きな学びが待っていることを感じたように考える。

最後に，授業ノートの記述から分析する。**図 13** のように，生徒の中には実験 I での仮説を逆 Y チャートでまとめている者がいた。長年の BT での実践が各教科での探究型学習活動に活かされ，思考ツールを巧みに活用している力が身についてきていると読み取れる。

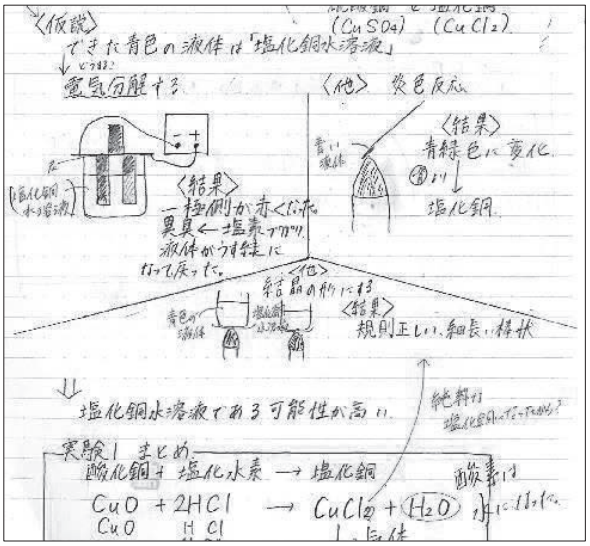


図 13　逆 Y チャートで整理する生徒のノート

6. まとめ・考察

本研究では，BT での探究的学習活動の実践を活かし，粒子領域内の単元において，探究的学習活動の効果的な展開を目指した。粒子領域は現象を微視的にとらえるため，そのイメージの具現化が難しく，苦手意識の高い生徒は多いが，化学反応式を活用することが問題解決の手がかりとなる方法の一つであることとして，生徒の理解を深めることができたのは今回の成果といえる。学びの中で得た知識を「活きた知識」とするためには，生徒自身の手で見つけ出させ，解決させる必要がある。そして，深い学びを生み出すためには，かなりの時間を費やすということである。試行錯誤の中で活きた知識は定義しやすいと考える。

また，探究的学習活動のプロセス「課題の設定→情報収集→整理と分析→発表→新たな課題(と発信)」を意識し，単元の中で同じ流れを繰り返し展開することで，今まで学習してきた内容事項と関連性を感じながら課題に向かうことができたのではないだろうか。

自然を探究しようとする態度が養われていくことで，科学的な思考力・判断力・表現力も同時に向上していくと確信する。今後は生徒が理解していること・できることを授業の中でどのように使わせるか，授業者が意図して能動的な学びを生み出すきっかけを設定しながら授業展開することが大切であると考える。

とはいえ，授業の中に試行錯誤の場面を意図して設定し，次の学習に向かう新たな課題を見出させることは授業者にとって大変イメージしにくく，今後もその方法を検討していく必要があるだろう。

■文献

1)　中央教育審議会「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及び必要な方策等について(答申)」，2016

2)　文部科学省　中学校学習指導要領解説理科編，2008