

中学校 理科

「化学変化と原子、分子」における、  
微視的な見方や考え方を育てる指導法の研究  
—粒子モデルを生かした単元構成と指導過程の工夫—

大間町立大間中学校 教諭 小島 一玄

要 旨

事象に対して原子、分子のモデルと関連付けてみる微視的な見方や考え方を育てるため、目に見えないものをイメージした粒子モデルを活用し、粒子の概念を段階的に形成していく単元構成の設定と、指導過程の中に粒子モデルを活用する場面を設定した。その結果、生徒の粒子の概念の形成が図られるとともに、粒子モデルで変化後の生成物を推論したり、原子の種類や数の関係を見いだしたりすることができた。

キーワード：中学校 理科 微視的な見方や考え方 粒子モデル 単元構成 指導過程の工夫

## I 主題設定の理由

本単元の内容は中学校学習指導要領（平成10年12月告示）では、「化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事象を原子、分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う」と明記されている。中学校学習指導要領（平成20年3月告示）においても、その内容は変わらないが、粒子など科学の基本的な見方や概念の一層の定着が図られるように、科学的に探究する学習活動を通して、科学的な見方や考え方の育成を図ることが重視されている。本校生徒の実態として、理科に対する興味、関心は高いが、予想したり考察したりすることを苦手としている。また、事象をモデルなどでイメージすることができず、既習事項も定着していない。その原因としては、今までの授業において、生徒に事象をイメージさせる場面や話合いの場面を設定してこなかったこと、指導が断片的であったため生徒の知識が体系化されてこなかったことが考えられる。そこで、様々な事象に対して原子、分子と関連付けてみる微視的な見方や考え方を育てるためには、粒子モデルを活用し、粒子の概念を段階的に形成していく単元構成を設定すること、指導過程の中に粒子モデルを活用する場面を設定することが必要であると考え、本主題を設定した。

## II 研究のねらい

「化学変化と原子、分子」において、生徒の微視的な見方や考え方を育てるためには、その基本となる粒子の概念を段階的に形成していく単元構成を設定することと、指導過程の中に粒子モデルを活用する場面を設定することが有効であることを実践を通して明らかにする。

## III 研究仮説

「化学変化と原子、分子」の学習において、粒子モデルを活用し、次のような手だてによる指導を行うことによって、生徒の微視的な見方や考え方が育つであろう。

- ・粒子の概念を段階的に形成していく単元構成の設定。
- ・指導過程の中に粒子モデルを活用する場面の設定。

## IV 研究の実際とその考察

### 1 研究の実際

(1) 本研究における微視的な見方や考え方

微視的な見方や考え方とは、事象を定性的、定量的にとらえる巨視的な見方や考え方に終わらず、その原因を原子、分子のモデルと関連付けて、物質の構成の変化からとらえることであると考えられる。

そこで、本研究では、「微視的な見方や考え方」を次のようにとらえた。

目に見える様々な物質の変化を、原子、分子の粒子モデルでイメージでき、物質の構成の変化から、化学変化について推論したり、考察したりできること。

(2) 研究の内容

ア 粒子の概念を段階的に形成していく単元構成の設定について

原子、分子でイメージする前に、物質は目に見えない小さな粒の集まりであることをイメージできなければ、学習が進むにつれて理解が困難になることが予想される。そこで、単元の早い段階で粒子モデルを提示し、物質の構成をとらえた上で、粒子の概念を段階的に学習していく3段階の単元構成プランを基にして、単元計画を作成した。図1及び表1は、本研究の単元構成プランと単元計画である。

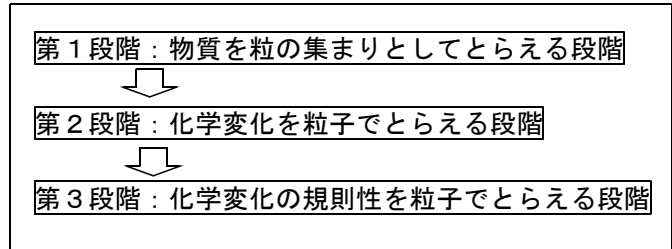


図1 本研究の単元構成プラン

表1 本研究の単元計画

段階	モデル	指導内容	学習内容	形成すべき粒子の概念
第1段階	粒モデル	・物質と粒 [3時間]	・物質の粒によるイメージ化 ・水への溶解を粒モデルで表現	・物質は粒が集まってできていること ・粒は目に見えないだけで、なくなることはないこと
第2段階	粒子モデル	・物質の粒子による構成 ・物質の加熱による変化 ・化学変化(化合と分解) [3時間]	・原子という粒による物質の構成 ・物質の加熱による状態変化と化学変化の相違点と共通点 ・酸化銀と炭の加熱による物質の構成の変化によって生じる生成物 ・物質の構成の変化と性質の変化	・ドルトンの原子説 ・物質は、原子という粒子が集まってできていること ・物質の構成の変化によって、違う物質に変化すること
		・熱分解 ・その他の分解 ・いろいろな化学変化 [7時間]	・炭酸水素ナトリウムの加熱によって生じる未知の生成物の同定 ・電気分解 ・鉄と硫黄の化合 ・銅と硫黄の化合	・物質の構成が変化しても化学変化の前後での原子の種類と数に変化はないこと
第3段階	粒子モデル	・化学変化(金属と酸素) ・質量比の関係 ・質量保存の法則 [3時間]	・化合による質量の増加と一定量の金属に結び付く酸素の質量 ・金属と酸素の質量比 ・沈殿が生じる反応、密閉した容器の中での反応における質量の関係	・金属に結び付く酸素の質量には規則性があること ・化学変化の前後で、原子の種類と数が変化しなければ、質量は変化しないこと
		・化学変化と化学反応式 [2時間]	・化学式と化学反応式の表し方	・化学反応式は、原子や分子の種類や数をとらえることに有効であること

イ 指導過程の中の粒子モデルを活用する場面の設定について

① 活用する場面の設定について

目に見えない原子、分子を視覚化した粒子モデルを活用することが、生徒の思考の手だてとして役立つと考えた。科学的に探究する活動を中心とした指導過程において、特に、予想や考察の場面で、粒子モデルを活用する場面を設定した。粒子モデルを自由に動かしながら予想や考察をすることで、物質の構成の変化や原子の種類や数に注目して化学変化をとらえることができ、微視的な見方や考え方が育つと考えた。

## ② 本研究で活用したモデルについて

本研究では二つのモデルを活用した。一つは、物質を粒の集まりとしてとらえるためのモデル（図2）である。このモデルを「粒モデル」とする。これは、デコレーションボールという手芸用の装飾物で、非常に軽いため、物質の三態をモデルで表すときに都合がよいと考えた。また、物質の構造がイメージしやすいように、電子顕微鏡による画像のデジタルコンテンツを使用し、よりイメージを深めることができるようにした。



図2 粒モデル

もう一つは、原子を視覚的にとらえるためのモデル（図3）である。このモデルを「粒子モデル」とし、単元を通して活用することとした。生徒が「粒モデル」からスムーズに移行できるように、立体的な発泡スチロール球（直径25mm）で作成した。原子の種類ごとに色を変え、原子の記号と名称が分かるようにシールを張り、「予想・まとめボード」に張り付けることができるように磁石を取り付けた。

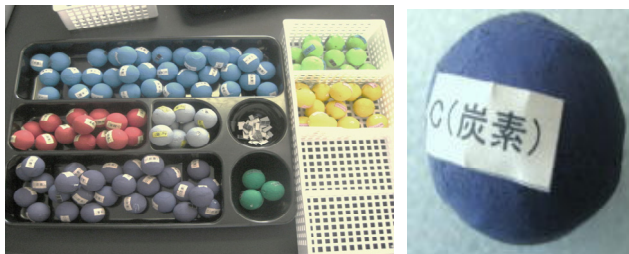


図3 粒子モデル

## ③ 「予想・まとめボード」について（図4）

化学変化が物質の構成の変化で起こることを、粒子モデルを自由に動かしながら、自分で予想したり、相手に自分の考えを伝えたりするためのツールとして活用することができるようにした。粒子モデルをトタン板に張り付け、予想や考察の場面でも活用しやすいように、化学変化の前後の物質の構成の変化を比較できるようにした。

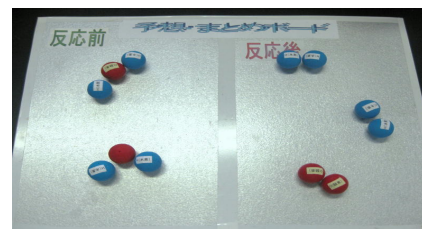


図4 予想・まとめボード

## ウ 検証の方法

段階的に粒子の概念が形成されたのかを検証するために、提示した事象に対して、形成された粒子の概念を根拠に、予想や考察ができていないかをワークシートと行動観察から分析した。また、頭の中の概念を視覚化する方法として「概念地図法」を各段階の終了時に行い、分析することとした。なお、本研究では「原子」を最初のキーワードとし、検査時間は20分で、結び付けられたキーワードの数とキーワード同士のつながりを説明した内容について分析した。また、モデルの有効性や授業場面についての生徒の情意調査を行い、その結果も分析することとした。

## 2 考察

### (1) 各段階での生徒の様子より

#### ア 第1段階：物質を粒の集まりとしてとらえる段階（「物質と粒」の学習）

物質が粒の集まりであることを、固体の物質を電子顕微鏡で拡大した画像のデジタルコンテンツを使用して気付かせた後、1年生で学習した水溶液について、粒モデルで説明できないのかを考えさせた。固体の物質を、粒の集まりとしては容易にとらえることはできたが、物質が溶けるという事象を粒モデルで表すことができなかった。また、液体や気体も、粒の集まりであるととらえることに時間がかかった。さらに、「質量は変わらないのだから粒がなくなったのではない」という概念がしっかりとイメージされていない可能性があった。そのため、既習の概念を粒モデルと結び付けていくことに予定よりも時間を費やした。物質にかかわる量的な概念と粒子の概念を結び付けていくことがいかに難しいかを改めて実感することになった。

#### イ 第2段階：化学変化を粒子でとらえる段階

##### ① 「物質の粒子による構成」の学習

物質は粒の集まりであるととらえた後、周期表や科学史からドルトンの原子説を学習し、物質は原子で構成された粒の集まりであることを押さえた。また、分子という単位で構成されている物質や分子をつくらない物質もあることを押さえた。さらに、物質は単体と化合物に分類できることも押さえた。生徒は、粒子モデルでいろいろな化合物をつくり、「酸素原子が2個と炭素原子が1個だから二酸化炭素と言うんだ」「水を $H_2O$ と言うのはこういう理由だったんだ」など、物質の構成を知ることに関心を示した。また、生徒が説明するとき、粒子モデルの種類と数に注目して化学式を使い始めたため、当初予定はしていなかったが、化学式と粒子モデルを比べる作業を行った。

② 「物質の加熱による変化」の学習

状態変化と化学変化の違いに気付かせるため、図5のように、物質を風船で栓をした試験管に入れて加熱した。使用した物質は水、エタノール、メントール、炭、酸化銀である。水の加熱では、加熱

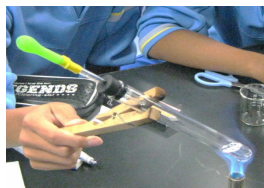


図5 加熱の様子

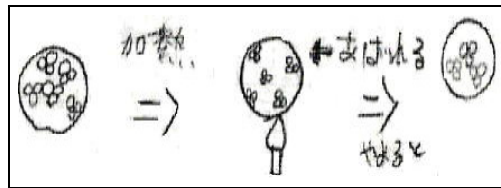


図6 水による風船の膨らみの考察

をしている間は風船が膨らみ、加熱を止めると縮む事象をどのように考えるのかをワークシートに書かせた。9割以上の生徒が、図6のように、ワークシートに粒子モデルを使って表すことができた。このことから、状態変化が粒と粒の空間の広がりに関係することも理解できてきたことが分かった。

③ 「化学変化(化合と分解)」の学習

炭の加熱では、加熱を止めても再び固体の炭に戻らないため、生徒は消えてなくなったと判断していた。つまり、巨視的な見方や考え方を生徒が大半であった。そこで、「なぜ、炭と酸化銀は加熱を止めても風船は縮まなかったのか」という問いを投げかけ、巨視的な見方や考えただけでは説明できない状態変化との違いを考えさせた。そのときに、「予想・まとめボード」を活用して、粒子モデルを張り付けながら考えるように指示をすると、半数以上の生徒が、図7のように、予想することができた。原子の種類や数を意識して並べていたことから、この段階で生徒が化学変化を物質の構成の変化としてとらえられてきたことが分かった。つまり、粒子の概念が形成してきたことがうかがえた。

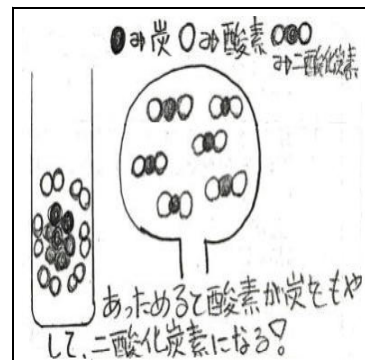


図7 炭の加熱の予想

④ 「熱分解」の学習

炭酸水素ナトリウムの熱分解の実験では、粒子モデルを基にグループ内で話し合いを行い、予想した生成物ができているのかを実験により確認した。その結果、生徒たちは、粒子モデルを「予想・まとめボード」に張り付けながら実験を行い、結果が違ふと粒子モデルに戻り、図8のように、試行錯誤しながら意見交換をする様子が随所で見られた。図9は、予想の段階のワークシートの一例である。これを予想したグループは、炭酸水素ナトリウムを入れた小麦粉が膨らむ観察を思い出し、気体が発生すると考え、原子の種類を見ながら、知っている気体を組み立てていた。その結果、二酸化炭素と水素が発生すると予想し、残った酸素原子とナトリウム原子を合わせて、酸素ナトリウムというものもできると考えた。注目したのは、未知の物質にも、自分たちで組み立てた原子の構成を見ながら「酸素ナトリウム」という名称を付けたところである。この学習により、生徒にとって、初めて出てくる物質でも、原子による構成が分かれば、生成物をイメージして予想できることも分かった。さらに、予想や考察を行う際、粒子モデルが生徒同士の共通のツールとして活用され、より活発な意見交換ができることが分かった。

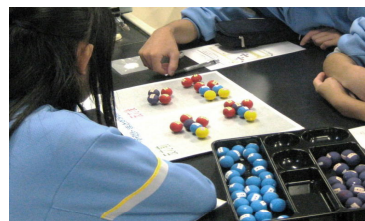


図8 意見交換の様子

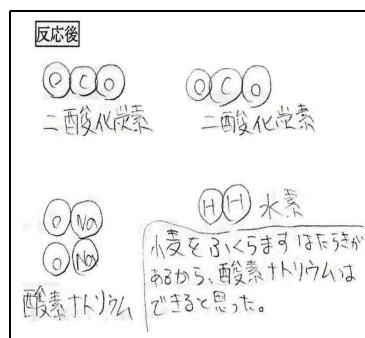


図9 分解後の生成物の予想

⑤ 「その他の分解」の学習

水の電気分解では、「予想・まとめボード」の分解前の箇所には水分子の粒子モデルを一つつくるように指示して、分解後に、どのような生成物ができると考えさせた。生徒は「酸素原子が1個になってしまうからこれはおかしい」と話し始め、数合わせをするために、分解前の箇所に水分子を増やし始めた。このことから、化学変化の前後での原子の種類と数をしっかりと意識できるようになってきたことが分かった。さらに、図10のように、水が分解して水素が酸素の2倍発生すると予想したグループもあった。

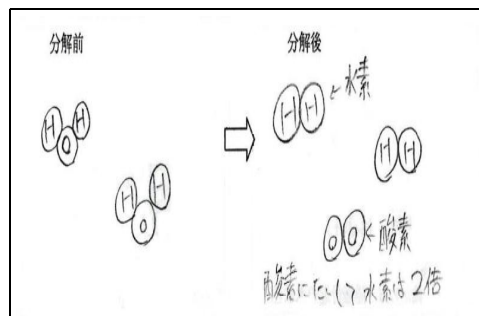


図10 水の電気分解の予想

ウ 第3段階：化学変化の規則性を粒子でとらえる段階

① 「化学変化（金属と酸素）」の学習

化学変化は物質の構成の変化という概念が形成された生徒にとって、鉄の酸化による質量の増加は簡単に予想できると思ったが、図11のように、粒子モデルを基に、質量は増加すると予想できた生徒が半数に対して、残りの半数は図12のように、質量は減少すると予想した。これは、この課題を提示する前に事象を観察させたことで、燃えながら飛び散っていた様子を根拠にして予想したことがうかがえた。つまり、この段階では化学変化と原子の種類や数についての概念と物質にかかわる量的な概念がしっかりと結び付いていないこと、また、目に見えることが予想するときの根拠として何よりも優先されていることが分かった。そのため、今まで学習した化合物やドルトンの原子説などの概念について、再度確認する必要が出てきた。このことから、粒子の概念を積み上げていくと同時に、形成された概念がスパイラルに何度も関係するような単元構成を設定する必要性も感じた。

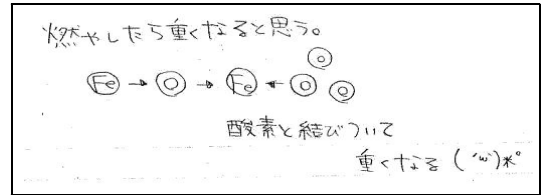


図11 酸化による鉄の質量変化の予想①

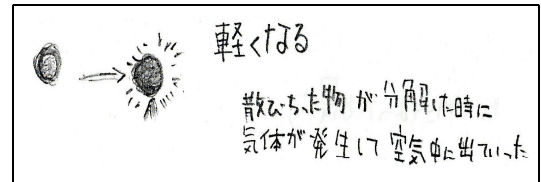


図12 酸化による鉄の質量変化の予想②

② 「質量比の関係と質量保存の法則」の学習

銅の質量を変化させていくと、結び付く酸素の質量はどのように変化するかを予想させた。図13のように、粒子の概念を用いて、質量の変化を予想する生徒が増えてきた。また、密閉した容器の中では、化学変化の前後で原子の種類や数に変化はないのだから、質量は変化しないと考えられるようになった。つまり、この段階で量的な概念と粒子の概念が結び付いてきたことが分かった。

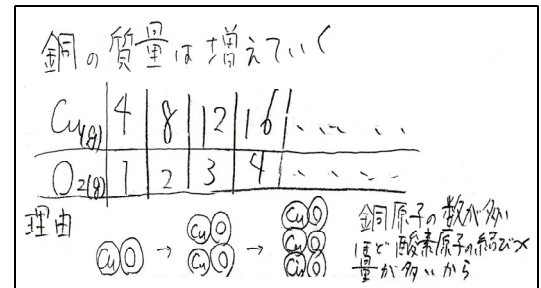


図13 銅と酸素の質量比の予想

③ 「化学変化と化学反応式」の学習

化学反応式は、書き方の基本を説明するだけで、自分たちで数合わせをして、粒子モデルで表してから化学反応式を書くことができたことから、粒子の概念をしっかりと用いて考えることができた。

(2) 概念地図より

各段階を経て、粒子の概念が段階的に形成されてきたことを検証するために、概念地図法で調査したものが、図14である。段階が進むにつれて「原子」というキーワードを基に、結び付けられたキーワードの数が増加したことやキーワード同士のつながりを説明した内容に深まりが見られたこと、また、第3段階終了時には、キーワード同士のつながり方が複雑になってきたことから、生徒に粒子の概念が段階的に形成されてきたことが分かった。

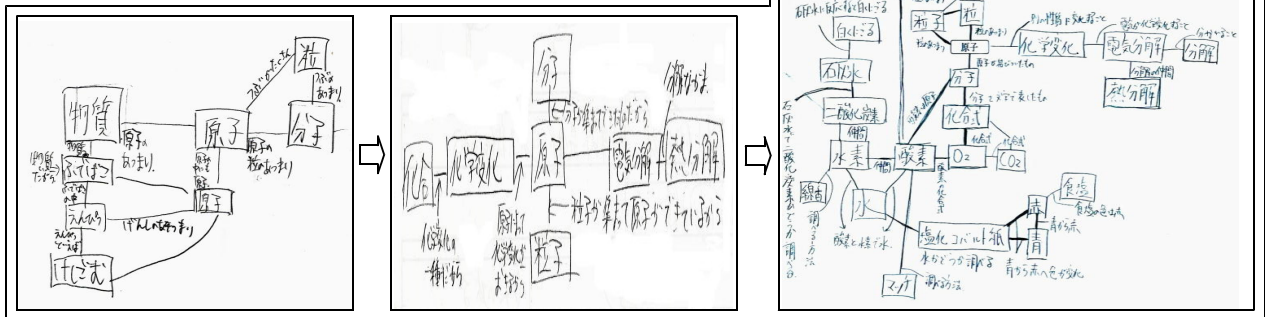


図14 概念地図のキーワード数と説明の変容

(3) 情意調査より

単元後に、粒子モデルが学習を進める上で、役立っていたのかを調査した。その結果、94%の生徒が、粒子モデルを活用することが化学変化を学習することに役立っていると答えていた。図15で、「とても役立っている」と答えた25人を対象に、役立っていると思う理由を事由記述で書かせたものが表2である。立体的でイメージしやすく、予想や考察の話合いの場面で有効であったことがうかがえる。

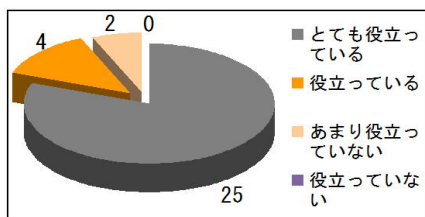


図15 モデルの有効性調査 (人数)

さらに、指導過程の予想と考察の場面で、生徒の情意面（その場面が好きか嫌い）が変容したのを見たものが、図16である。この結果より、単元の学習前より学習後の方が明らかによい傾向である。なお、この結果は統計学的にも有効である。粒子モデルが、予想を考えたり、結果をまとめたりするときの根拠として有効に活用されていたと考える。

表2 粒子モデルが役立っている理由

役立っていると思う理由	人数
立体的なので反応がイメージしやすい	6
予想をするときに頭を整理しやすい	5
まとめのときに理解しやすい	7
グループで話し合いがしやすい	7

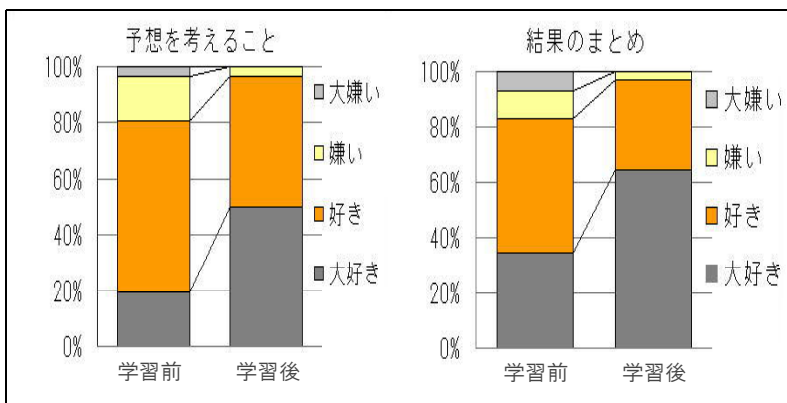


図16 情意面の変容調査 (対象生徒31人)

## V 研究のまとめ

- ・物質の構成を単元の早い段階にしっかりとイメージさせたことや段階的に粒子の概念を形成させたことで、物質の構成と粒子の概念を基に様々な事象を考えることができるようになった。また、粒子の概念がスパイラルに高まっていくような単元構成の必要性にも気付いた。
- ・予想や考察の場面において、粒子モデルを活用することで、根拠のある予想や考察ができるようになった。また、グループ内の話し合いにおいても、粒子モデルが生徒同士の共通のツールとして使われ、より活発な意見の交流が行われた。指導過程の中に粒子モデルを活用する場面を設定することで、生徒の微視的な見方や考え方が育った。

## VI 本研究における課題

本研究では、単元全体を18時間扱いの予定で行ったが、結果として予定以上の時間がかかった。その原因として、物質が粒の集まりであるととらえるまでに時間がかかったことが挙げられる。どの場面で、どのようにモデルを活用するのかをもう一度検討し、単元構成を見直す必要がある。

### <引用文献>

文部省 1998 『中学校学習指導要領（平成10年12月告示）』, p47

### <参考文献>

文部科学省 2008 『中学校学習指導要領（平成20年3月告示）』

小林辰至 2006 「探究活動の仕組み方」『未来を展望する理科教育』 東洋館出版社

田中保樹・福岡敏行 2001 「概念地図法の導入による観察・実験レポートの目次作り」『理科の教育 583号』 東洋館出版社

むつ市教育委員会 2008 「考察を深め、説明する力を育てる理科の指導～粒子モデルを中心にした6年「水溶液」の学習～」『平成20年度研究集録（授業改善実践集－わかる授業づくりをめざして2）』

### <参考URL>

東京都中学校理科研究会 久保田祐人 2006 「粒子概念をどう教えるか～中学校の化学分野における指導の工夫～」

<http://tcr.internet.ne.jp/kaiin-ken/2006/02.pdf> (2009.7.18)