

## 科学的思考力を高める授業の創造

有田 正志 中田 晋介 平松 敦史 前原 俊信  
磯崎 哲夫 古賀 信吉 鈴木 盛久 竹下 俊治  
鳥越 兼治 林 武広 井上 純一 内海 良一  
梶山 耕成 岸 俊之 佐々木康子 白神 聖也  
横山 道昭

### I 研究の目的

現行の学習指導要領は、基礎・基本を身に付け、それを基に、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する能力や、豊かな人間性、健康と体力などの「生きる力」を育成することを基本的なねらいとしている。完全学校週五日制の実施のもとで、理科の授業時数の減少、授業内容の削減されている現場の教員にとって、このようなねらいを教室で実現することは容易ではない。この学習指導要領が施行されてから、様々な方面で、生徒の学力低下について議論されている。この問題に対して、文部科学省は「学びのすすめ」で「発展的な学習で一人一人の個性に応じて子どもの力をより伸ばす」ということで対応し、また、小学校・中学校では学習指導要領を改定し、理科・数学の時間を増やすことも検討されている。子どもの力を伸ばすということは科学的思考力を高めることに他ならない。本研究はこれまでの「発展的な学習を取り入れた授業の展開」の研究をふまえ、日々の授業の中で、児童生徒の科学的思考力を、どのように高めていくかを理論的・実践的に研究することを目的としている。本年度は、その第1年次である。

### II 小学校における実践

#### 1. はじめに

科学的思考力の育成をめざすためには、子どもたちに多面的な視点から考察できる力を育成する必要がある。多面的な視点から考察し、法則性を捉えるためには、原因から結果を見ていくだけの学習スタイルでは不十分である。日常生活において直面する問題や、科学や工学で直面する問題には、入力として必要な情報

がつねに与えられているとは限らない。結果から原因を探る逆問題的な課題解決を取り入れることも必要である。

また、過去の科学者が真実を求め思考した過程を辿らせる活動を取り入れることも必要である。そこで本稿では、科学的思考力の育成を図るために①科学的思考力育成のための転換プロセスについて②科学的な概念形成についての2点から、具体的には、次のことを提起していく。

- ① 第5学年単元「ものの溶け方」の学習において思考力の活性化を図るモデル化の有効性について。
- ② 科学的な概念形成のための既習内容を用いた逆問題的な課題解決活動の有効性について。

#### 2. 授業の実際

##### (1) 単元 ものの溶け方

##### (2) 指導計画 (全15時間)

- 第1次 溶けるとは…………… 3
- 第2次 溶解現象…………… 4
- 第3次 温度による溶解度の変化…………… 3
- 第4次 溶解現象の利用と発展…………… 5

(本時2/5)

##### (3) 教材開発の実際

##### ① 学習指導要領の変遷から

昭和33年からの学習指導要領を調べてみると、「溶質の保存は重さによって確認されること」「物や温度による溶解量の違いがあること」「溶解量に限度があること」(要約)が平成10年の学習指導要領まで記述されている。

Masashi Arita, Shinsuke Nakata, Atsusi Hiramatsu, Tosinobu Maehara, Tetsuo Isozaki, Nobuyosi Koga, Morihisa Suzuki, Syunji Takesita, Kenji Torigoe, Takehiro Hayashi, Junichi Inoue, Ryouichi Utsumi, Kousei Kajiyama, Toshiyuki Kishi, Yasuko Sasaki, Masaya Shiraga, and Michiaki Yokoyama: Development of the program for Scientific Thinking

平成13年度の教育課程実施状況調査において、「重さの保存」についての通過率が60%台であり、保存の概念形成が難しいとされている。この単元だけで補える問題とは思えない。「重さの保存」は、物質学習の基礎にあたる。様々な場面での積み上げも必要である。

昭和33年の学習指導要領から昭和52年の学習指導要領まで、「溶解量に限度がある」ことよりも「温度による溶解量の違い」を先に学習するようになっている。平成元年の学習指導要領から「溶解量に限度があること」を学習し、「物や温度による溶解量の違いがあること」を学習するように変更されている。この変更のように水の量や温度を一定にして「溶解量に限度があること」を扱う方が、子どもにとっては学習しやすい。学習の順序の問題はあるが、「溶解量に限度があること」「物や温度による溶解量の違いがあること」を扱うことは学習指導要領の変遷を見ても重要である。

昭和33年、43年の学習指導要領では、第2学年において「せっけんの溶け方とシャボン玉」が扱われていた。「せっけんが水に溶けると、せっけんの形が見えなくなったり、水の様子が変わったりすること」（昭和43年の学習指導要領より）と記述されている。せっけんは、コロイド的に濁るので溶けるとは言えない。このことは、当時問題視されていた。1936年ソ連邦の化学者ヴェルホフスキーによれば、「溶解・溶液」の学習の段階において「溶液の特徴である透明を懸濁・乳濁液との比較で確認すること」を学習の初段階として定めている。第2学年においてコロイド溶液を扱うことは、「味噌が溶けた」「インスタントコーヒーが溶けた」と同程度のものであり、日常的に使う「とけた」の領域から出るものではない。ヴェルホフスキーが述べているように「溶解・溶液」において「透明」の概念形成が必要である。第5学年において、真の溶液と懸濁・コロイド溶液を子どもたちが混乱しないように導入しなければならない。身の回りの環境問題を考えるのなら、コロイドの世界は一層重要になってくるだけに「溶解・溶液」における「透明」の概念形成は極めて重要な位置を占める。

「透明」と同様に大切なのが「均一」の概念である。溶けて透明な溶液になっていれば、どの部分の濃さも同じである。つまり、均一に広がっているということである。

以上のことから溶解の学習の内容として、「溶質の保存は重さによって確認されること」「溶解量に限度があること」「物や温度による溶解量の違いがあること」「溶解してできた液体は透明であること」「溶解してできた液体は均一であること」の5つが重要であると考えられる。

## ② 科学史から

18, 19世紀にかけて「溶解」については、大きく2つの考え方が存在した。1つは、現在の我々にとっては、当たり前と捉えている「混合」としての溶解である。もう1つは、溶質が水などの溶媒と化学的に結合して溶液となると捉える「化合」としての溶解である。

子どもたちにイメージ図を描かせると、大まかに「混合」「化合」の2パターンを図を描く。この2パターンの図は、小学校の理科の内容だけで解決することは不可能である。

溶液を「化合物」と見なす考え方が通説となっていたが、19, 20世紀の化学者ラウールは凝固点降下の研究から溶解とは、溶質と溶媒が化学的に結合するのではなく、溶媒の中に溶質が物理的に混ざっていく現象であることに到達した。更に、ファン・ト・ホッフも、溶液の浸透圧という別の現象に着目しながら、ラウールと同様の「物理的」溶液観に到達した。ラウールとファン・ト・ホッフ両者とも、原子・分子概念を用いて溶液を「混合物」と考える溶液観へ到達した。

このことから分かるように、子どもたちだけで溶液が「混合物」か「化合物」なのか解決できる問題ではない。ここで大切なのは、過去の化学者が粒子モデルで見えないものを表現し、真実を追究しようとしていた姿勢である。子どもたちにも化学者が迎ってきた追究する悦楽を味わわせていきたいものである。そのためにも、イメージ図などを活用しながら、見えないものを現象から推理しようとする思考の芽を育てることが重要である。

## ③ 使える知識にするために

順問題で学習した内容を生活の場面で適用することはなかなか難しい。なぜなら、こういうことをするとこういう結果になるということはわかっても、なぜそうなるのかということとは逆思考になる。子どもたちは日常生活においていろいろ疑問に感じている。その際使う言葉は、「なぜ」である。その「なぜ」は、逆問題的「なぜ」の場合が多い。子どもたちに逆思考の習慣がなければ自分が疑問に思っている「なぜ」を調べてみようとは思わない。逆問題的「なぜ」を解決するためには、今までに学習した内容を総動員して取り組まなければならない。学習した内容を総動員して取り組むということは、今までの学習を生かすということである。日々の授業のなかで、逆問題的な課題に取り組むことにより、学習した内容を使用し、知識が使える知識になるはずである。このように逆問題を扱うことは、日常生活と理科授業の橋渡しをするだけでなく、学習した内容をより効果的に活用する手段にもなる。

## (4) 本時までの展開の実際

本時までには、「溶質の保存は重さによって確認される

こと」「溶解量に限度があること」「物や温度による溶解量の違いがあること」「溶解してできた液体は透明であること」「溶解してできた液体は均一であること」について学習した。その際、イメージ図を描かせ水の中でどのような現象が起きているのか想像させた。

溶けるとは透明であるということをつえさせるために、水に入れると不透明になる物、水に混ざらない固形物、砂糖を用いた。この時のイメージは、目で見えている状態から目に見えない状態へ変化したことを捉えて描いている。

次に重さの保存について学習を行った。ここでは、水に食塩が溶けると全体の重さがどのように変化するのが議論となった。食塩が水に溶けて見えなくなったのだから重さも無くなったという児童に対して、重さが保存されていることを図に表して説明する児童が出てきた。水の間に食塩の粒が入り込んだので、重さは無くならないとする説明と水と食塩が一体化したので重さは無くならないとする2つの説明がされた。これらの説明により、重さは無くならないと考える子どもが増えた。実験し、重さは保存されていることを確認した。また、蒸発乾固し、中に溶けていたものが出てくるということでも重さは保存されていることを確認した。しかし、この時点では、どのモデルが正しいのか確認することはできない。この段階で子どもたちのモデルは、更に変化を見せる。蒸発乾固したときに、溶液の上の方でも下の方でも同じ量の食塩が出てきたことから、水と食塩が不規則に混ざっている状態から、規則的に並んでいる図を描く子どもが出てきた。これにより、溶解してできた液体は均一であることをモデルでも示すことができた。均一になっていることをモデル図で示すことができたが、子どもたちのモデル図が3通りのものがあることが明らかになった。1つ目は、「混合物」との考えから出発し、水にくっつく食塩の数が限られていると考えるもの。2つ目は、同じく「混合物」との考えから出発し、水と食塩は、同じ比率でくっつき、水と食塩がくっつくことによって新しい物質ができると考えるもの。3つ目は、「化合物」との考えから出発し、水が含む食塩の量が同じと考えるもの。これらの考え方を基に「物や温度による溶解量の違いがある」ことも学習した。溶解を「混合」と捉えようとも「化合」と捉えようとも小学校段階での理科では解決が難しい問題であるが、子どもたちは、溶解とは「混合」なのか、「化合」なのか単元終了まで思考していた。

#### (5) 授業の実際……………第4次2/5

※課題 Bの筒の中を落ちる食塩は、途中で溶けてしまうのだろうか。

前時からこの課題について取り組んできた。AとBの筒(高さ100cm直径7cm)を用意した。Aの筒は水だけであり、Bの筒は飽和食塩水である。まず、Aの筒に食塩を1g落とし、その様子を観察させた。だいたい50cm位のところで食塩は全て消えた。では、「Bの筒では食塩1gを上から落とすとどこで溶けてしまうのだろうか」というのが課題である。これは2段階の課題となっている。「B筒の中の食塩水の濃度はどのようになっているのか」「濃度によって溶け方はどのように変わるのだろうか」という2つである。子どもたちは、仮説として「もしもこの食塩水が飽和食塩水ならば、1gの食塩は、底まで達するだろう」「もしもこの食塩水が飽和まで半分しか食塩が入っていないとすれば、1gの食塩は、底に達する前に溶けるだろう」と考えた。この前提を基に、筒の中の食塩の濃度の分析をすることになった。必ず複数の実験を行い結論を導き出すこととした。

#### 【分析方法】

##### ○シュリーレン現象の応用

シュリーレン現象の応用は、飽和食塩水にB筒の中の食塩水をスポイトで落とすという方法である。モヤモヤしたものが見えたら濃度に違いがあり、モヤモヤしたものが出てこなかったら濃度は同じであり、飽和食塩水である。

##### ○蒸発乾固

溶解度を利用し、数gのB筒の食塩水を蒸発させ、析出した食塩の重さで飽和かどうか調べる方法である。

##### ○重さの保存の応用

B筒の食塩水100mlの重さを量り、その液体にどの位食塩が溶けているか調べる方法である。

##### ○再結晶化の応用

溶解度を利用し、温度を下げ結晶として出てくるか調べる方法である。

#### 【結果】

シュリーレン現象の応用、蒸発乾固、重さの保存の応用の実験によってB筒の食塩水が飽和食塩水であることが確認された。しかし、蒸発乾固の方法では、飽和食塩水だということが分かったが、再結晶化の実験を行うと理論値では析出するはずなのに析出しない状況から何がおかしいのか考えているグループが見られた。

飽和食塩水だと分析できたので、全てのグループがBの筒の底まで1gの食塩が到達するだろうと自信をもってB筒を眺めた。結果は、飽和食塩水なので途中で溶けることはなく底まで食塩は到達した。この瞬間「やった」という歓声が上がった。

### 3. ものの溶け方の実践から

#### ① 「ものの溶け方」の学習において思考力の活性化を図るモデル化の有効性について

この単元での粒子を用いたモデル化は、子どもの思考の流れを見る視点から考えると有効であると考えられる。

なぜなら、単元が展開されるにつれて子どもたちは、自分のモデルを変更している。変更が伴ったときには、そこに子どもなりの理由が存在していた。例えば、溶ける量に限度があることが意識されれば、水と溶媒の量の関係を図に示していた。学習したことを自分のモデルに当てはめているかどうか見ることによって子どもの思考の流れを見ることができる。また、自分のモデルと他の子とのモデルの比較を通して、より妥当だと思えるモデルを模索することができた。言語だけの交流よりもモデル図を示すことで交流も深まりを見せることができた。特に「ものの溶け方」のように目では見ることができない物を思考の目で見ていこうと考えることは科学史を見ても必然であると考えられる。

しかし、モデルを用いたことで溶液とは、「混合物」なのか「化合物」なのかという議論にもなった。これは、科学史の流れを見てもわかるように、凝固点降下や浸透圧の問題など他の見地から捉えなければ解決できる問題ではない。

モデルを用いることで子どもの思考の流れを見ることが出来る。また、子どもの中でも実験結果とモデルを関連付ける作業が行われていた。子どものモデルと現在考えられているモデルとをどのように擦り合わせていくのが今後の課題となる。

#### ② 逆問題的な課題解決活動の有効性について

平成13年度教育課程実施状況調査で調査された「水の温度や量による物のとけ方のちがい」と同じ2題では、両問とも95%の児童が正答することができた。この問題の観点は、「自然事象についての知識・理解」「科学的な思考」である。このことから判断すると逆問題的な課題解決活動は有効だったと判断することができる。本時は、これまでの学習を生かして課題を解決する活動を仕組んだ。子どもたちは、既習から方法を考えて分析を行った。また、他の方法で分析している子どもと交流することで更に良い方法はないかと探ることもできた。この活動により既習内容を効果的に活用することができたのではないかと考えられる。しかし、調査は、単元終了後2週間を経過した時点の結果なので今後更に分析を行っていく必要がある。

### 4. おわりに

見えないものを思考の目で見ていく活動を行うこと

によってモデル図で子どもの思考も深まりを見ていくことができた。また、逆問題的な課題解決活動を行うことによって問題に対する正答率も全国平均を上回ることができた。これらの活動によって知識が互いに関連づけられ構造化され整理されたということが出来る。児童に内省化の役割を果たしたということを示している。構造化されることによって多面的な視点から考察し、法則性を捉えることができるようになることが出来る。

最後にこの共同研究で支給された研究費は、附属小学校理科室内の無線LANの構築に使用させていただいた。本単元においても掲示板での交流を行うことができた。この環境は、教育実践の幅を広げることができると考える。これからも有効に活用したいと思う。

### Ⅲ 中学校における実践

指導者 平松 敦史

日時 2005年11月11日(金) 第1限(9:30~10:20)

場所 第1化学教室

クラス 中学校第2学年A組

(男子19名、女子21名、計40名)

単元 化学変化と原子・分子

目標

1. 化学変化についての観察、実験を通して、化合や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。
2. 原子や分子のモデルと関連づけて、化合や分解などの化学変化を微視的にとらえることのできる見方や考え方を育成する。
3. 化学変化についての観察、実験を通して、観察・実験の技能を習得させるとともに、結果を考察し、自らの考えを導きだすことのできる科学的な思考力を高める。

時間配当

- 1 物質が分かれる変化…………… 3時間
- 2 物質のつくり…………… 4時間
- 3 物質が結びつく変化…… 4時間(本時は3限目)
- 4 化学変化の規則性…………… 3時間

指導の経過と今後の計画

これまでに、生徒は炭酸水素ナトリウムや酸化銀の熱分解、水の電気分解および銅と酸素や鉄と硫黄との化合の観察、実験を通して、物質は原子や分子からできていることを学習し、原子それぞれが固有の質量を有し、それ以上分けることのできない最小の単位であることを理解している。また、生徒は原子が原子の記号(元素記号)で表せ、化学変化はこの記号を用いた

化学反応式で表すことができることを理解している。しかし、生徒にとっては原子や分子のモデルを用いたとしても、原子や分子という微視的な視野で化学変化を捉えることは容易なことではない。そこで、今回の授業実践では、まず、銅が硫黄と化合することで、もろく崩れやすい青みを帯びたまったく別の化合物に変わることをマクロな側面として体感させる。次に、質量に関する結果から導かれる質量保存の法則について理解させる。そして、この化学変化を原子レベルで説明する活動を通して、原子レベルで保存則が成り立つことを確認し、化学変化の規則性を説明するためには原子そのものは変化しないという微視的な視野が不可欠であることを強調したい。こうした展開を受けて次時の授業においては、銅と硫黄の化合物を硝酸に溶解させたのち、その溶液にスチールウールを浸し、スチールウール表面に銅が析出することで、再び銅が得られる実験を行う。こうした銅→銅と硫黄の化合物→銅の

溶液→銅という活動を通して、実際には化学変化が何度起ころうとも原子は壊れることなく、単に原子同士の組み合わせが変わるのみであるということ、原子や分子のモデルを利用しながら再び理解させ、化学変化について微視的な視野で捉えることのできる科学的な思考力を高めさせたい。

本時の題目 銅と硫黄の反応

本時の目標

1. 2種類の物質を化合させる実験を通して、化学変化では反応後に反応前とは異なる物質が生成することを理解させる。
2. 化学変化の前後で物質の質量の総和が等しいことを理解させる。
3. 実験の結果から化学変化における物質の質量の関係を見いださせる。
4. 化合の化学変化を原子や分子のモデルで説明することができる。

### 本時の指導過程

学習内容	指導過程・学習活動	評価・指導上の留意点
<p>&lt;導入&gt; 実験の目的の理解</p> <p>&lt;展開&gt; 銅と硫黄の確認</p> <p>演示</p> <p><b>実験</b> 銅と硫黄の化合</p> <p>&lt;終結&gt; 実験のまとめ</p>	<p>実験の目的を理解する。 1) 銅や硫黄はどのように変わるだろうか。 2) 化学変化の前後で質量はどのように変化するか。 3) 化学変化を原子などのモデルで説明しよう。</p> <p>反応前の銅と硫黄の状態を観察する。</p> <p>加熱方法を演示し、加熱のときの注意事項と観察ポイントを確認する。</p> <p>銅線、硫黄粉末、試験管の質量を測定する。 硫黄粉末、銅線を試験管に入れ、穏やかに加熱する。 銅と硫黄との化合の様子を観察する。 銅と硫黄の化合物と試験管の質量を測定する。</p> <p>反応前後の質量の測定結果を黒板の表に記入する。 反応の前後で銅と硫黄がどのように変化したかを発表する。 質量測定の結果より、反応の前後でどのようなことが言えるか。 この銅と硫黄の化合の実験を原子のモデルを用いて説明する。質量の測定結果より、銅と硫黄の反応比を考えさせ、どのようなモデルであらわすことが最も適当であるか、原子それぞれが固有の質量をもつことを踏まえて考察する。</p>	<p>1), 2) については予想させる。 実験の目的を理解しようと努め、すすんで実験を行おうとする姿勢が伺えるか。(関心・意欲・態度)</p> <p>反応の前後で物質が変化したことを理解させるため、反応前の状態について確認させる。</p> <p>試験管を垂直にたて、真下から加熱すること、反応の様子をできるだけ細かく観察することを徹底させる。</p> <p>班員と協力して実験の準備を行っているか。(関心・意欲・態度) すすんで実験を行っているか。(関心・意欲・態度) 安全に注意して、化合の実験を行えているか。(技能・表現) 実験に関しての観察結果などを適切に表現できているか。(技能・表現)</p> <p>実験結果について正しく発表することができるか。(技能・表現)</p> <p>化学変化の前後で、物質の質量の総和が等しいことを理解しているか(知識・理解) 化学変化における物質の質量の関係を見出すことができるか。(思考) 化学変化を原子のモデルで表すことができるか(思考)</p>
備 考	<p>使用教科書：理科1分野下(啓林館) 準備物：銅線、硫黄粉末、試験管、加熱装置、電子天秤など</p>	

## 実践結果と課題

今回の実践では、反応前後の質量の比較および銅と化合した硫黄の質量比について、各班のデータを示すことはできたが、まとめの時間が十分に取れず、原子レベルでの考察には至らなかったため、授業計画について再考しなければならない。ただ、実験結果から、質量保存の法則と多少のばらつきはあったが定比例の法則が成り立っていることについては、前時までの学習とあわせて理解をさらに深めることができたのではないかと考えている。次時では、実験結果をもとに、銅原子と硫黄原子の化合比について考察させ、硫化銅の化学式を決定させた。しかし、これまでに酸化銅 CuO や酸化マグネシウム MgO のように原子数の比が 1 : 1 である単純な化合物の化学式を決定する考察を行ってはいったが、今回の実践で生成した硫化銅はペルトライド化合物であり、単純な比にならない（銅：化合した硫黄の質量比＝およそ 3 : 1 であるため、銅原子：硫黄原子の比＝およそ 3 : 2 となる）ため、生徒たちにとってはハードルの高い考察となった。ただ、生徒自らが生成させた硫化銅から再び銅が得られたときに、生徒が発した「おおっ」という言葉は印象的であり、原子同士の結びつき方がかわることで見た目などが変化し別の物質が生成するが、原子そのものは保存されているということ、実験結果から化合物の化学式を決定することができるという 2 点については理解させることができたと考えている。こうしたことを受け、原子レベルで化学変化を捉えさせ、科学的思考力を高めさせる実践になるようさらに改善していきたい。

## IV 高校における実践

指導者 有田 正志

日時 2005年11月11日（金）第2限（10:35～11:25）

場所 地学教室

クラス 高等学校第I学年1, 2, 4組選択者

（男子4名、女子9名、計13名）

題目 地質時代

目標

1. 地球の歴史を推測するためには地層や岩石の新旧関係を明らかにすることや岩石からの情報を読み取ることが必要であることを理解させる。
2. 地質時代は、地層に含まれる化石の変化により区分されたことを認識させる。
3. 示準化石では、実際の時間経過を知ることができないことを認識させる。
4. 絶対年代を推測する様々な手法・仮説について考

察させる。

5. 地球の歴史を推測する様々な手法の学習を通して、科学的思考力を養う。

時間配当 地球の歴史 17時間

### 1 地層・岩石からの情報

①地質図	…………… 6時間
②地層岩石の新旧関係	…………… 3時間
③地層の対比	…………… 1.5時間
④化石	…………… 2時間
⑤地質時代	
相対年代	…………… 1.5時間
絶対年代	…………… 3時間(本時を含む)

### 2 地球の歴史 15時間

指導の過程と今後の計画

水圏の構造では、地球の水の存在比、海水の成分を学習している。地殻の構成物の単元では、火成岩、堆積岩、変成岩の分類や成因の学習を通して、地層や岩石には過去の出来事が記録されていることを学習した。また、火成岩では火山活動や火山ガスについて、堆積岩においては、化学的風化により岩石から種々の成分が溶脱すること、海水中の成分が沈殿した化学的沈殿岩、海水中の成分を硬組織として取り込んだ生物の集積による生物源堆積岩のことなども学習している。さらに、プレートテクトニクスやプルムテクトニクスにおける水の移動や古地磁気の記録について学習した。

地球の歴史の単元に入ってから、「地層・岩石からの情報」として地球の歴史を知る方法、すなわち地層や岩石の新旧関係を明らかにする方法（地層累重の法則、地層水平性の原則、交差の法則、地層の対比、化石層序区分と相対年代）について学習した。今後、絶対年代を知る方法として放射性年代測定を学習し、地球創成期から現在までの大気および海洋の組成変化、生命誕生と生物界の変遷、地球環境と生物界の相互作用などを詳しくたどって行く予定である。

本時の題目 地球の年令

本時の目標

1. 地球の年令の推定は、20世紀初頭まで不確かであったことを理解させる。
2. 作業仮説の検討を通して科学的な思考力を養う。
3. 作業仮説の検討・修正や、新たな作業仮説の構築が科学的探究において重要であることを認識させる。

実践結果と課題

本時は、地球の歴史が何年なのかを推定しようとした先人たちの研究を追体験し、それらを作業仮説とし

## 本時の指導過程

指導過程	学習内容・学習活動	評価・指導上の留意点
(導 入)	<ul style="list-style-type: none"> <li>*地球の年令の変遷               <ul style="list-style-type: none"> <li>・2世紀から20世紀初頭までの地球年令の変遷とその推定根拠について知らせる。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年令と推定根拠の関連を理解できる。(関心・意欲, 知識・理解)</li> </ul>
(展 開 1) 作業仮説 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>*海水は火山活動により徐々に増えた。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の海水量 約13億5千万km<sup>3</sup></li> <li>・火山活動により放出される水                   <ul style="list-style-type: none"> <li>マグマ中の水は約5%</li> <li>溶岩噴出量 2km<sup>3</sup>/年 (水は0.1km<sup>3</sup>/年)</li> </ul> </li> <li>・海の年令は135億年</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プリント配布</li> <li>・水の存在比を思い出すことが出来る(知識・理解)</li> </ul>
(展 開 2) 作業仮説 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>*海水の成分は徐々に濃度が高くなった。               <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の海水の組成</li> <li>・現在の河川水の組成</li> <li>・河川水の海への流入量 35000km<sup>3</sup>/年</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海の年令が計算できる。(技能)</li> <li>・海水の成分を思い出すことが出来る(知識・理解)</li> </ul>
(考 察)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・どの成分を使うか?</li> <li>・Naを用いると現在の濃度まで約8000万年</li> <li>・作業仮説1の結果と比較</li> <li>・それぞれの作業仮説の問題点は?               <ul style="list-style-type: none"> <li>火山活動の規模</li> <li>蒸発岩の存在 etc</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河川水の存在比ではなく流入量が必要なことに気付くことが出来る。(思考)</li> <li>・生物に利用されない成分を選ぶことが出来る。(思考)</li> <li>・現在の濃度になるまでの時間が計算できる。(技能)</li> </ul>
(ま と め)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水は地球誕生初期に現在量の9割が形成された。               <ul style="list-style-type: none"> <li>→原始海洋</li> </ul> </li> <li>・海水の組成は一樣に濃度が高くなったのではない。               <ul style="list-style-type: none"> <li>→海洋の進化(組成の変化)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・蒸発岩の存在に気付くことができる。(思考)</li> <li>・自分の考えを発言することが出来る。(思考, 表現)</li> <li>・海水の増え方のモデルを考えることが出来る。(思考)</li> </ul>
(終 結) ・次時の予告	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射年代</li> </ul>	
(備考)	使用教科書: 理科総合B (第一学習社), 地学I (啓林館) 補助教材: 最新図表地学 (浜島書店)	
(準備物)	電卓, プリント	

て、変化する要因と変化しない要因に分けて考えさせることがねらいであった。地球の歴史が46億年であることは、本時までには何度も触れている。また、地球の歴史を、地層や岩石の新旧関係から明らかにする方法についても既習している。

本時は、2つの作業仮説を提示し、それぞれ海水量と海水の成分に着目させた。すなわち、海水量が現在まで一定の割合で増えてきたという作業仮説1と海水量は一定で海水の成分濃度が徐々に増えてきたという作業仮説2である。仮説2においては、例えば、海水の成分にNa, Cl, Caなどがあるが、それぞれの成分に問題点があるので、既習の知識からその問題点に気づかせようとした。蒸発岩(岩塩など)や生物の硬組織としてと海水から取り除かれることである。

海水の成分として何を選ぶかを生徒に見つけさせるのは難しかった。それぞれの作業仮説を比較し、いずれの仮説も46億年という値からは大きくはずれていることなどから、生徒が問題点をうまく見つけだすこと

を期待していたが、時間不足で考えるところまではできなかった。また、新たな仮説についても、海水の変化曲線のパターンが、突然増えたのか、最近になってやっと増えたのか、あるいは階段状に増えているのかなどが提出されるところまでは進めなかった。

また、電卓で平方根を使って計算することも生徒にとっては困難だったようである。操作とともに指数で表示されたデータが扱いにくかったのではないかと考えている。

科学的思考力を高めるために、本時は授業に科学的な内容を取り込んだものであった。本時のデータは地球の歴史の46億年とは大きく異なるものであり、生徒の考えるパターンが様々でくるのではないかと思う。そのためには、時間的ゆとりも必要であるし、考える意欲を高めるためには、それらの考えを教師が評価していく場面も必要だと考えている。

## V 実践の成果と課題

小学校の授業では、ものの溶け方という単元の中で、目に見えないスケールのもをモデル図を通して思考させた。順問題だけでなく、逆問題的課題解決活動を行うことにより知識が互に関係づけられ、使える知識になったのではと考えている。また、この共同研究で、理科教室内の無線LANが構築され、この単元の学習では、掲示板として効果を発揮した。今後も有効に活用する授業を創造していきたい。

ゆとり教育の見直しに伴い、現行の理科の内容についても再考が迫られているが、各論としての科学的思考力や自然観の育成が変わることはない。理科を通して何を育成したいのかということにおいて、科学的思考力は必須である。科学的思考力には、①ベースとなる知識、②事実からの出発、③観察を通して洞察する、④物事を論理的に考える力、⑤表現・コミュニケーション能力、などが含まれると考える。中学校の公開授業では実験・観察から、高等学校の公開授業ではデータから、それぞれ生徒の科学的思考力にアプローチを試みたものである。

中学校の授業では、定性実験を定量実験として行ったことがポイントであった。実験の時間は短かったが、生徒にとってはたくさんの驚きや発見があり有意義であったと考える。実験の時間経過の中で何がどう変わったかということについて、生徒の感じ方を授業に生かしていけるような授業を創造していきたい。

高等学校の授業では、科学史的内容を取り込み、異なるアプローチで異なる結果のでる作業仮説を提示し、それらを比較して新しい作業仮説を立てることが一番のポイントであった。どのようにしたら問題点が解決できるのかを様々な見方で生徒が考えることが科学的思考力の育成につながると考える。ただ、新しい作業仮説を組み立てることにおいては、まだ困難であったように思う。どのような作業仮説を提示するのか、どのように生徒の思考をサポートするのか、今後の課題としたい。

小学校、中学校で扱った単元・教材では、粒子概念というモデルが重要である。モデルは自然を完璧に表したのではなく、何を説明したいかによって、同じ対象でも異なるモデルが選択される。また、発達段階によっても適切なモデルが選択されねばならない。今回の実践では、小学校で理解力が上昇し、中学校で定量的な扱いが出来たことから、小・中ともに適切なモデルが選択されたと考えている。今後も、それぞれの単元・教材で、発達段階に応じた適切なモデルの導入の研究を進めていきたい。

また、小学校、高等学校では実践の中で、科学史的

な内容を扱った。これは、「今日の最新の知識を与えるだけでは科学的思考力は身に付かない。先人達が、どのような試行錯誤を繰り返しながら（作業仮説を立てながら）、今日にたどり着いたかを、追体験させることが重要である。」という立場からである。結論だけではなく、そこに至る道を知ることが、科学的思考を身につけるのに大切なことだと考える、今後もこのような教材の開発、授業の創造に向けて研究を進めたい。

### <引用・参考文献>

- 池田秀雄ほか「発展的な学習を取り入れた授業の展開 (3) 学部・附属共同研究紀要 第33号 2004, pp. 255-262
- 文部省「中学校学習指導要領」大蔵省印刷局 平成10年
- 文部省「高等学校学習指導要領」大蔵省印刷局 平成11年
- 文部科学省 「個に応じた指導に関する指導資料—発展的な学習や補充的な学習の展開」（中学校理科編）平成14年9月
- [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/hondou/14/09/020916c.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/hondou/14/09/020916c.htm).
- アイザック・アシモフ著／小山慶太・輪湖博訳「アイザック・アシモフの科学と発見の年表」丸善株式会社 1996
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター編著「平成13年度小中学校教育課程実施状況調査報告書」東洋館出版社 2003
- 文部省「学習指導要領理科編（試案）」大日本図書 昭和22年
- 文部省「小学校学習指導要領」帝国地方行政学会 昭和33年
- 文部省「小学校学習指導要領」大蔵省印刷局 昭和43年
- 文部省「小学校学習指導要領」大蔵省印刷局 昭和52年
- 文部省「小学校学習指導要領」大蔵省印刷局 平成元年
- 化学史学会編「原子論・分子論の原点〈2〉」学会出版センター 1990
- ウィルヘルム・オストワルド著／都築洋次郎訳「岩波文庫 化学の学校 上」岩波書店 1952
- 久保亮五編「岩波理化学辞典」第4版 岩波書店 1987
- ヴェ・エヌ・ヴェルホフスキー著／大竹三郎訳「化学実験教授法」明治図書 1961
- 盛口襄・高田博志「いきいき化学アイディア実験」新生出版、1990、pp.40-41.



盛口襄「高校化学教育その視点と実践」 新生出版  
1984, pp.51-56.  
矢島道子・和田純夫編「はじめての地学・天文学史」  
ペレ出版 2004  
河村公隆・野崎義行 共編「大気・水圏の地球化学」

地球化学講座6 培風館 2005  
兼岡一郎「年代測定概論」 東京大学出版会 1998  
大森昌衛「地史・古生物」 地球科学講座10 共立出  
版 1969