

# 栃木の子どもの学力向上を図る授業改善プラン

## 小学校・理科 vol.3

平成 18 年 1 月 栃木県総合教育センター

平成 16 年度教育課程実施状況調査（小学校第 5 学年理科の内容）のペーパーテスト調査結果から、今回は、「ものの溶け方」と「おもりの動き」について、指導のポイントを示します。

### ペーパーテスト調査結果からみえた課題

- ・「ものの溶け方の規則性」に関する問題の通過率が全体的に低い。
- ・「おもりの動きの規則性」に関する問題の通過率が全体的に低い。

小学校 5 年生理科の問題には、冊子 A、冊子 B、冊子 C の 3 種類がありました。下表のように「ものの溶け方に関する問題」と「おもりの動きに関する問題」の通過率を全国と比較してみると、全国の通過率を下回った問題が非常に多いことが分かります。ただし、全国の通過率との差は最大でも - 7.6% であり、値としてはそれほど大きくないため、個々の内容について深刻な問題があるというわけではありません。しかし、「全体的に低い」ということをしっかりと受け止め、児童が学んだことを活用して問題を解決する力を確実に育てていきましょう。

問題冊子	ものの溶け方に関する問題数	全国の通過率を下回った問題数	おもりの動きに関する問題数（振り子 / 衝突の選択問題の合計）	全国の通過率を下回った問題数
A	5	5	6	6
B	5	3	4	2
C	4	4	4	3
計	14	12	14	11

これらの問題の本県の通過率が低い原因はいろいろあると思いますが、今回の理科の調査問題と結果を眺めてみて、全体的に感じたことは、次の三つです。

第一に、自分の頭でじっくりと考えさせる場と時間が十分に確保されていないのではないかとことです。仮説 - 検証 - 考察の過程において、考えのないまま次々と操作をしてしまう、結果から結論を導くのではなく自分の予想から無理に結論づけてしまう、あるいは考えずに誰かが答えを出してくれるのを待っている、教師が正解を言うまで考えずに待っている、といった児童の姿が目立ってきてはいないでしょうか。

第二に、文章や図から問題の設定や実験の条件などの情報を読み取る力（読解力）が不足しているのではないかとことです。この傾向は、PISA（OECD 生徒の学習到達度調査）2003 年調査の結果報告（国立教育政策研究所）においても指摘され、2000 年の結果と比較しても低下し

ていると危惧されています。

第三に、理由や考えを文章で記述する、データをグラフ化するなど、手間のかかる問題に手をつけない児童が増えているということです。これらの問題の無解答率は、小学校5年生で10%台ですが、中学校2年生では30%台に増加します。この傾向は、総合教育センターが実施した学習状況調査でも見られ、PISA調査でも小、中、高と無解答率が高くなることが話題になっています。

では、それぞれの課題について、今後の授業で留意すべき指導のポイントや効果的な指導の工夫について考えてみましょう。

## 「もののとけ方の規則性」では、陥りやすい誤解に気を付けましょう

### 1 「とける」という現象を“漢字”で説明しましょう

小学校5年生では「とける」という言葉は、多くの教科書ではひらがなで表記しています。これは、「溶ける」という漢字を学習していないためと思われます。

しかし、漢字を用いてこの現象を学んでいくことは、「溶ける」という概念の確実な定着に役立つと思います。なぜなら、漢字の使い分けを右のように説明することで違いが明確となり、容易に現象を区別できるようになるからです。つまり、漢字で表現することにより、児童は正しいイメージを伴った「科学用語」として獲得できるのです。この説明をした後は、板書などの際に意図的にルビを振って表記していけば、自然に漢字の意味と溶解の概念が明確になり、一石二鳥ではないでしょうか。ちなみに、英語でも同様に区別しています。

「溶ける」: 物質が液体と混ざり合っ  
て見えなくなる現象。砂糖や塩が溶けて見えなくなるなど。

「融ける」: 個体の物質そのものが柔らかくな  
って液状になること。氷がとけて水になる、チーズが熱によって柔らかくなる、など。

「解ける」: 問題が解ける、ひもがほどける、拘束がなくなる、など

(板書例)

5 g の食塩が<sup>と</sup>溶ける。

「とける」 = dissolve 《液体に溶ける》, melt 《熱で融ける》, thaw 《氷・雪が解ける》

### 2 「食塩」「ミョウバン」「ホウ酸」を実験で用いる意味を理解しましょう

#### 1 「身近であった」物質

「食塩」が身近な物質であることは異論のないところですが、「ミョウバン」と「ホウ酸」は児童にとって身近な物質でしょうか。おそらく、大部分の児童は知らないはずです。

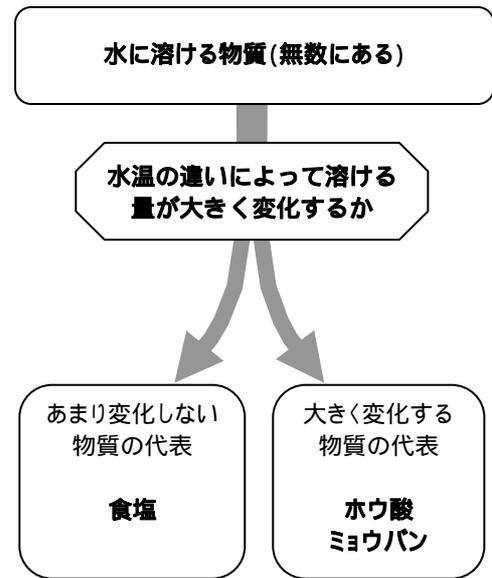


少なくとも、昭和 40 年代から 50 年代にかけては、茄子の漬け物や栗きんとんなどを色よく上手に仕上げるために「ミョウバン」を使うといった光景は、多くの家庭で見られました。同じ頃、「ホウ酸」は結膜炎の予防のための洗眼液や外用消毒液として用いられるなど、比較的 안전한物質としてありふれた薬品でした。しかし、現在では共に目立たない存在になってしまいました。

これを逆手にとり、成分表示を見せて説明するなどして、目立たなくともしっかり仕事をしている薬品の有益さとともに、上手に使うことの大切さを知らせたいものです。つまり、児童との心理的な距離を縮めてやることで、「身近な物質」になるのです。

2 三つの物質（薬品）は選び抜かれた「代表選手」  
これらの薬品が身近に感じられなくなった現在でも実験に用いられているのには、理由があります。

それは、右の図に示したように、「水温の違いによって溶ける量が大きく変化するか」という観点で水に溶ける物質を分けた場合、あまり変化しない物質の代表が「食塩」であり、大きく変化する物質の代表が「ホウ酸」と「ミョウバン」なのです。また、実験に適した薬品であるかを決める際には、入手が容易か、安全性が高いか、色やにおいはあるか、溶け易さはどうか、などのいろいろな観点からを総合的に判断します。つまり、この三つの物質は選び抜かれた薬品なのです。



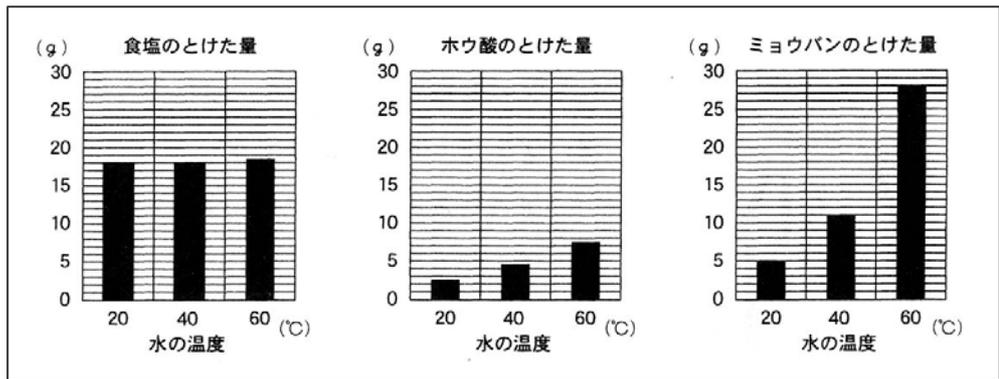
物質名	実験における長所	実験における短所	比較実験で見いださせること
食塩	温度による溶ける量の変化が少ない、身近、安価、無色、無臭、無害である。	再結晶させようとして温度を下げても再結晶しない。	温度を上げても溶ける量はあまり変わらない、再結晶しにくい。
ホウ酸	温度による溶ける量の変化が大きい、安価、無色、無臭、再結晶しやすい。	比較的毒性が高い（内服時）。	物質によって温度による溶け方が異なるため、再結晶の実験に向いている。
ミョウバン	温度による溶ける量の変化が大きい、毒性が低い、安価、無色、無臭、再結晶しやすい。	ホウ酸よりも温度による溶ける量の変化が少ない。	温度を上げると溶ける量がホウ酸より多くなる、温度を下げると析出する結晶の量が比較的多い。

3 扱う物質は二種類でよいか

教科書での扱いは、食塩で実験した後、ホウ酸がミョウバンのどちらか一方で実験を行って比較するのが一般的ですが、二つの違いを比べるだけで十分なのでしょうか。二つの物質の比較では、単に「食塩は水温によって溶ける物質の量があまり変わらないが、ホウ酸（ミョウバン）は大きく変わる」といった、「二通り」という単純な理解で終わってしまいがちです。

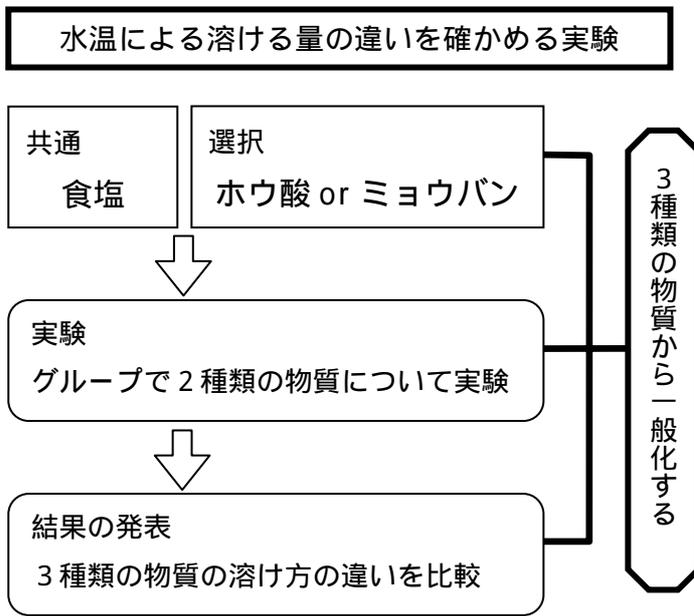
以前、県内の小学校 5 年生を対象に栃木県総合教育センターが実施した学習状況調査で、「ホウ酸」を用いたものの溶け方の問題を出題したところ、いくつかの学校から、「ミョウバンで実

験したのでこの問題は未履修である」という回答が寄せられたことがありました。ここに大きな誤解があります。



この単元では、食塩やホウ酸（またはミョウバン）の溶け方を教えることが目的ではなく、いくつかの物質を例に、「物が水に溶ける量は水の量や温度、溶ける物によって違うこと。また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること。」という一般的な概念まで広げて理解させることが目的です。

このような物質観を獲得させるには、さらに多くの物質について調べ、物質による違いを実感させることが望ましいのですが、時間的制約もあります。せめて第三の物質を扱えば、物質にもいろいろな特徴があるといったより深い理解を促したり、科学的なセンスを養ったりすることにつながることでしょう。これは発展的な扱いですので、第三の物質を実験する時間が問題です。この問題への対処としては、右の図に示したように、三つの物質のうち、食塩ともう一つの物質を選択させる方法が考えられます。



### 3 児童がもっている「誤概念」の修正を意識しましょう

誤概念とは、児童がもつ直感的な素朴概念のうち、科学的に誤っているもの、または、不十分であるものを指します。この単元でよく指摘される誤概念は、次の三つです。

- 誤概念A：物は溶けると見えなくなるので、「(存在が)なくなる」、「重さがなくなる」、「重さは軽くなる」などと思う。
- 誤概念B：容器の底に物質が溶け残っているときの澄みには物質は溶けていない（あるいは少し溶けている）と思う。
- 誤概念C：濾過によって得られた濾液には、物質は溶けていない（あるいは少し溶けている）と思う。



誤概念を修正するのは思ったより大変です。たとえば、顔は覚えているのにいつも名前を間違

えてしまったり、一度間違えて呼んだことがある人の名前をしっかりと覚え直したはずなのに、いざ呼ぼうとすると自信がなくて結局また間違ってしまったといった経験はありませんか。このように、一度「間違っているかもしれない」とインプットされたものほど、あやふやなままで記憶に残ってしまうものです。ですから、誤概念を修正するには、複数の実験で何度も証明して納得させるといった、意図的な仕掛けが必要です。このことを次のような例で示します。

【溶解後の物質の質量が軽くなる、なくなるという誤概念を複数の実験で修正していく例】

「物は溶けてなくなる」という誤概念を修正するために、物質を水に溶かす前後の重さが同じであることを実験によって確かめる方法を多くの教科書で採用しています。しかし、次の調査結果を見て分かるように、その場では納得していても、時間が経ったり、問題の設定が異なったりすると誤概念が復活してくるようです。(問題の表現は一部変更しています)

図1のように、水の入ったカップと紙の上ののせた砂糖の重さは70gでした。図2のように砂糖を全部水に入れて混ぜて溶かしましたが、すぐに溶けきれずに少し残りました。このときの重さはどうなると考えられますか。

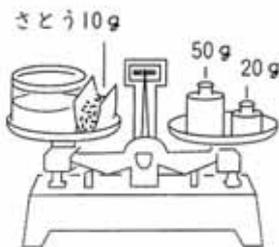


図1

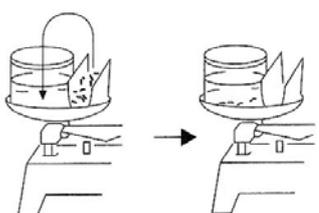


図2

ちょうど60gになる	8.7%	誤
60gから70gの間になる	21.5%	誤
ちょうど70gになる	60.2%	正
70gから80gの間になる	8.8%	誤

そこで、次のようないくつかの方法で実験を行い、「本当にホントだ!」と納得させることが大切です。実験は、1単位時間内でグループごとに選択させてもよいですし、まとめる際に教師が演示実験として見せてもよいでしょう。

実験方法の工夫 (「はかり」は上皿天秤か電子天秤を用いる)	実験の手順、留意点など
上の問題に同じ。かき混ぜるための棒(ストローなど軽いもの)も一緒にはかる。	まず、砂糖を入れた直後の重さをはかる。次に、少しかき混ぜた状態ではかる。最後に、完全に溶けた状態ではかる。それぞれの重さを比較する。
上の問題に同じ。かき混ぜるための棒(ストローなど軽いもの)も一緒にはかる。	砂糖で実験したら、ホウ酸や食塩など、別の物質で実験する。
ふたで密閉できる容器を用いて同様の実験を行う。	棒を用いるとこぼれてしまったり時間がかかったりする。小児用の内服液の容器などが軽くてよい。

#### 4 考える場を確保し、考えたことを自分の言葉で書かせましょう

今回の調査では、理由や考えたことの論述やグラフ描画などの問題の無解答率が高いことが気になりました。下の表は、出題されたものの溶け方の問題うち、二つの大問の解答方法と無解答率を比較したものです。選択肢の無解答率はかなり低いことが分かります。

(表中の数字の単位は%)

大問の内容	小問の内容	正答率	準正答率	無解答率	解答方法
水温の違いと溶ける量を調べる実験での条件と考察	調べる目的から統一すべき条件を見いだす	60.1		1.1	選択肢
	結果の表からいえることを論述する	75.2	2.7	8.0	選択肢
	溶液の温度を下げると溶質が析出する理由を論述する	40.2	23.4	11.7	論述
食塩とホウ酸の水の温度による溶け方の違い	表に示した、溶けたホウ酸の量をグラフに表す	83.2		11.5	グラフ描画
	グラフから水温と溶ける量の関係を選択する	66.0		0.8	選択肢
	グラフから水温と溶ける量の関係を論述する	66.2		11.1	論述
	より高い水温での溶け方を予想する	75.4		1.0	選択肢

ものの溶け方の内容は、2～3の物質の実験結果から演繹的に考え、多くの物質でも同様のきまりがあるという、一般化した概念を理解させることとなります。その意味では哲学的であり、見えなくても存在する「はず」であるという論理の展開で議論する場面を作ったり、それを言葉で表現して正しいかどうか議論したりすることで科学的な考え方を育てることが求められる単元です。

ですから、教師の質問に正解を知っている児童が教科書に書いてあることをそのまま言って、それをまとめる授業ではなく、教師が「見えなくなったからなくなった。」などと屁理屈をこねてみせ、子どもたちがムキになって訂正しようとするような展開をすることも一つの方法でしょう。また、「実験をする目的は何か」、「どのような結果であれば仮説が証明できるか」、「この結果から何が言えるか」など、考えたことを論理的に文章で表現させるのに絶好の指導場面ととらえましょう。そして、書いたものを発表させて教師がまとめてしまうのではなく、みんなで話し合わせ、各自が書いたものをより正確な表現に練り上げていく作業を経験させましょう。

#### 「おもりが動くときの規則性」では、支援する内容を絞り込みましょう

学習指導要領では、この内容は、児童が「ア(振り子)」または「イ(衝突)」の内容のいずれかを選択して調べることになっています。

教師としては、児童たちに二

- (3) おもりを使い、おもりの重さや動く速さなどを変えて物の動く様子を調べ、物の動きの規則性についての考えをもつようにする。
- ア 糸につるしたおもりが一往復する時間は、おもりの重さなどによっては変わらないが、糸の長さによって変わる。
- イ おもりが他のものを動かすときは、おもりの重さや動く速さによって変わる。

(小学校学習指導要領より抜粋)

つのコースからどちらかを選択させたとして、授業時間内にうまく実験を行ったり、調べたりで

きるかどうかということをはじめ、次のような不安を感じると思われます。

- 実験の道具やワークシートを二通り用意しなくてはならないが大丈夫か。
- 二つのコースについて同時に説明したり質問を受けたりして十分な指導ができるか。
- 二つのコースの内容をまとめる段階では、どのようにまとめればよいのか。

それでは、コース選択であるこの単元の指導のポイントを考えてみましょう。

## 1 二つのコースに共通する目標を押さえましょう

学習指導要領に示された内容から、学習課題とねらいなどを整理すると次表のようになります。

コース	学習課題	結論	共通する目標
ア 振り子	振り子が1往復する時間は何で変わるか。	振り子が1往復する時間は糸の長さで決まり、他の条件は影響しない。	・ 条件統一に注意して実験を行う。 ・ 規則性を見いだす。 ・ 物の動きの規則性についての考えをもつようにする。
イ 衝突	おもりが物を動かすはたらきは何で変わるか。	おもりが物を動かすはたらきは、おもりの重さと動く速さによって変わり、他の条件は影響しない。	

この単元の場合、学習問題を児童に考えさせるのではなく、学習課題として教師から与えることになるでしょう。なぜならコースを選択して学習させる前提であるからです。仮に、両コースの「問題」を児童に発見させようとすると、天才的な科学的センスが必要になってしまいます。

次に、導くべき結論から考えると、両コースとも、児童自身が素朴概念をもとに決め手となる条件について、ある程度見当が付けられるような教材であることが分かります。したがって、自分たちで仮説を立て、検証するための実験方法を考え、その結果を解釈することは比較的容易であると考えられます。

このように考えると、具体的な規則性を理解させることではなく、「条件に気を付けて規則性を見いださせることによって、物体の運動に関する基礎的な考えをもつようになる」ことが「共通する目標」となりますから、自分たちで追究させるという前提に立てば、扱う現象は振り子であっても衝突であってもよいということになります。そのうえで、単元の終末に児童の発表によってそれぞれの現象の規則性についての理解を図るという構成になっているのです。学習課題は教師が与えてしまうこと、また、導く結論はシンプルであることから、追究の段階の大部分を児童に任せるつもりで指導しましょう。

## 2 実験中の行き届いた支援のために、事前の準備をしっかりと行いましょう

児童たちが二つのコースで同時に追究活動をしていく際には、ある程度の混乱が予想されます。特に、児童からの要求や質問が殺到して教師が対応に追われるような状況では、児童の待ち時間が多くなり、騒然としたまとまりのない授業になってしまいます。

このような事態を避ける方策は、起こるべき状況を予測して事前の準備をどれだけしておくかに尽きます。実験装置や実験材料を余分に準備しておくこと、児童の活動の流れを予想して必要な指示やヒントを順序よく盛り込んだワークシートを作成しておくことで、授業中の個別の対応

を相当減らすことができます。むしろ、実験中に教師が指導すべきポイントは次の3点です。

仮説 - 実験 - 考察の流れはある程度任せられたとして、条件の統一ができていないか、客観的・批判的に物事を見ているかといった点は未熟ですので、そこが指導の重点となります。不備な点の指摘は、児童たちに問いかける形で返しましょう。こうすることで、児童が深く考えることや自力で解決することが促されるので、教師が安易に助け舟を出してしまうこと、まとめてしまうことなどはせず、根気よく指導しましょう。具体的には、次のような言葉をかけることになるでしょう。

#### 実験中の指導のポイント

- ・ 条件統一ができていないか
- ・ 計測の仕方が正しいか
- ・ 結論に無理がないか

「ワークシートをよく読んで自分で考えてごらん。」「君はどう考えるかな?」「グループで話し合ってみよう。」「変える条件は予想したもの一つに絞られていますか?」「こういう風に考えるとこの結論で大丈夫かな?」「それはどんな場合にも成り立つか、試してみよう。」など

### 3 条件統一はなぜ必要か考えさせ、徹底しましょう

例えば、「振り子が一往復する時間は何によって変わるか」を調べる実験で、「おもりの重さ」によって変わると仮定した場合、児童はおもりを縦に二つ連結して下げるかもしれません。すると、振り子の長さが変わってしまい、実験結果に大きく影響します。つまり、条件を一つだけ変えたつもりでも、他の条件も変わってしまうことに気付いていないのです。このような場合を予測し、大きさが同じで密度の異なるおもりを用意しておくなどの工夫が必要です。

ところで、実験の条件を整えることが大切なのはもちろんですが、なぜ変える条件は一つに限るのでしょうか。それは、複数の条件を変えて実験すると、どの条件が影響したのか特定できないからです。このことを児童がしっかり理解していなければ、指摘されたときだけの条件統一で終わってしまうことでしょう。

### 4 頭を使う児童、深く多面的に考える児童に鍛えましょう

他の教科は苦手なのに、理科の授業の考える場面ですばらしい意見を出すような児童はいないでしょうか。その児童は、普段から自分の頭で考え、やり方があまりスマートではなかったとしても常に試行錯誤をしているはず。「自分の頭で考える。」それが今、求められています。小学生でも高学年になると、知的好奇心が旺盛な児童も増えてくるはず。どこかでそれを身に付けてくるということもあると思いますが、授業でこそ鍛えることができるものもあるはず。児童が覚えていたことだけをスマートに答えられることより、自分の頭で考えて正しい答えを導けることを目指すのは、「確かな学力」を育てる一つの方向ではないでしょうか。



平成16年度教育課程実施状況調査の結果を踏まえて作成した「栃木の子どもたちの学力向上を図る授業改善プラン」も、今回が3回シリーズの最終となります。第1回(H17.5、冊子)、第2回(H17.9、リーフレット)とともにご活用ください。