

熱伝導の本質に迫る子どもの発言

-小学校4年「金属板のあたたまり方」の実践から-

市瀬 和義・長田 英行*

(2005年8月31日受理)

The Children's Speech Suggesting to the Essence of Conduction of Heat :
A Case Study of "How to Warm Up Metal Plate" in the Fourth Grade of Primary School

Kazuyoshi ICHINOSE and Hideyuki NAGATA *

キーワード：熱伝導，金属板，あたたまり方，本質

Keywords : conduction of heat, metal plate, warm up, essence

1 はじめに

(1) 単におもしろいだけでいいのか

子どもたちの理科離れが話題になってから久しい。これまでに我々は、この原因を探るため、富山県の中学生や教師に対する意識調査を行った。その結果、理科嫌いの原因の一つとして「実体験不足」や「式や計算による難しさ」があることを指摘した¹⁾。

さらに1993年には、理科離れを憂い、生き生きと楽しい理科を目指す教員・社会人・学生らと共に富山において「おもしろ科学実験in富山」実行委員会を組織し、毎年1回、科学の祭典を実施してきた。この活動は今年で12回を数える²⁾。

当初、我々は、理科への興味を持たせるためにはまず、「おもしろいと感じ興味を持たせること」が大事と考えた。そして、学校では時間的、空間的な制約からなかなかできないような、手作りで工夫され、ダイナミックでおもしろい実験を展開した。各種学会や大学、企業などにおいても、小・中・高校生を対象とした実験や観察を主体とした催しがたくさん実施された。

しかし、これだけの努力にもかかわらず、あいかわらず理科離れは減りそうにない。一体どこに問題があるのだろうか。さまざまな要因が複雑に絡み合い、一概に問題の所在を明言できるものではない。我々の行ってきたことは本当にこれでよかったのか、単におもしろいというだけで果たしていいのだろうか、改めて真剣に考える必要があると思われる³⁾。

(2) 本当に理科好きになるには

この疑問に答えるため、我々は「量よりは質」を目指し、祭典においては「環境」や「ものづくり」をテーマにプログラムを工夫してきた。また一方では、「知的好

奇心」⁴⁾や、それを担う「情」についても考察してきた⁵⁾。また、宿泊学習をしながら、一つにテーマを絞って徹底的に理科を学ぶ新しい試みも行った⁶⁾。

しかしながら、これらの実践は、科学の祭典という一過性のものであったり、大学教育や課外学習におけるものであったことは否めない。では実際に学校教育の場でどう取り入れ、どう考えていったらいいかと問われると答えようがなかった。

たまたま、今回、平成15～16年度にかけて理科大好きスクール指定校である魚津市立吉島小学校に伺い、理科についての研究を一緒にさせていただく機会を得た。そこで、この機会に、学校教育において、単におもしろいだけで終わるのではなく、本質をつき、ずっと永く本当に理科が好きになるようにするにはどうしたらいいか、著者の一人である長田（当時吉島小学校教諭）のクラスにおける授業実践とその分析を通して考えようとした。

2 理科のよさ

(1) 理科の有用性と役割

吉島小学校では、IEA（国際数学・理科教育調査報告書）に習って2003年にアンケートを実施している。その中で特徴的な点を列挙する。なお以下表中の%は、3～6年全体343人の平均である⁷⁾。

①好きだから分かる、というわけではない

まず、「理科の勉強が好きか」という問いに対して「好き」という子どもが全体の67%、「嫌い」という子どもが16%いた。また「理科の授業がどの程度分かりますか」という問いに対しては、全体の71%の子どもたちが「分かる」と答え、4%の子どもたちが「分からない」と答えている。理科の理解度についての実態をもう少し細かくみるため、「理科が好き」な子どもと「理科が嫌い」

*魚津市立東部中学校

な子どもに分けて、この質問を分析したところ表1のような結果を得た。

表1 理科の授業がどの程度分かりますか

<参考> 理科が好き：全体の67%，理科が嫌い：全体の16%

質問項目	理科が好き	理科が嫌い
よく分かる	29.3%	8.0%
だいたい分かる	53.7%	45.0%
分かることとわからないことが半々	11.4%	34.0%
分からないことが多い	1.3%	5.0%
ほとんど分からない	0.4%	4.0%
(無答、不明など)	3.9%	4.0%
計	100%	100%

「理科が嫌い」と言っている子どもでも、53%の子どもが「理科が分かる」と答えている。このことは逆に「理科の授業がたとえ理解できても理科は嫌いだ」という子どもたちが多いと見ることもできる⁷⁾。つまり「分かるから好き」、「好きだから分かる」とは簡単には言えない。

②理科の有用性（理科は生活で役に立つ）

この子どもたちに、さらに「理科を勉強すれば普通の生活や社会に出て役立つ」かどうか聞いてみた。上記①と同じように「理科が好き」な子どもと「理科が嫌い」な子どもに分けて分析した結果を表2に示す。

表2 理科を勉強すれば普通の生活や社会に出て役立つ
理科の授業が分かる（全体の71%）子どもの内訳

質問項目	理科が好き	理科が嫌い
そう思う	35.8%	9.5%
どちらかといえばそう思う	35.8%	18.9%
どちらかといえばそう思わない	12.6%	24.5%
そう思わない	2.1%	24.5%
分からない	13.7%	22.6%
計	100%	100%

理科が嫌い（全体の16%）で、かつ理科の授業が分からない（全体の4%）の子どもの内訳

質問項目	理科が嫌い
そう思う	6.8%
どちらかといえばそう思う	34.0%
どちらかといえばそう思わない	18.2%
そう思わない	18.2%
分からない	20.5%
(無答、不明など)	2.3%
計	100%

「理科の授業が分かって」いても、「理科が嫌い」な子どもの場合、28%の子どもが「理科が生活の中で役立つ」と思っている。それに対し、「理科の授業が分からない」子どもでも、41%が理科の有用性を認めている。「授業が分かる」とこと「理科の有用性」を認めることは、必ずしもつながっていない⁷⁾。この結果は、理科が生活と関連していることを実感させれば、理科が好きになり、分かるだろうなどという単純なことではないことを示唆

しており、これもまた興味深い。

③理科の役割

表には示していないが「理科の勉強は大切か」と聞いたところ、「理科が嫌い」な子どもでも、「理科の勉強は大切だ」と思っている子どもが61%もいた。これらの子どもたち（全体では10%）が、その理由としてあげた内容を表3に示す。

表3 理科が大切な理由

<注>複数回答を許す

生活や社会に出て役立つ	34%
疑問解決、予想を確かめたりする力がつく	42%
受験に役立つ	49%
自分の好きな仕事につくことに役立つ	20%

このように、理科が大切だと思う理由は様々である。これは、親や教師に言われて、何となく理科の勉強は大切だと思うが、どうして大切なのかを自分ではまだ十分に理解できていないことが一つの原因と考えられる。生活の中で理科の果たす役割を考え、自分にどんな力がついてきたかを知るのには、まだまだ難しいと思われる。

(2) すっきり感

このような実態を垣間見るとき、結論として、理科のよさを子どもなりにきちんと感じさせることが、真に理科離れを防ぐ手だての一つではないかと考えるに至った。理科が好きになるには、単におもしろいだけではない。おもしろさは動機づけではあっても、それだけで真に理科好きにさせていくことはできない。

子どもたちが

①自分の手で観察や実験を行う。

②事実に基づいて結果を語る。

③物ごとの理由を筋道立てて分りやすく説明できるようになる。

④これらの力がつくことで、共感と自信が得られるようになる。

ならば、きっと理科が好きになっていくであろう。とりわけこの中で大事な点は③ではないだろうか。「ああ分かった」と心から思えること、それは子どもなりの筋道で納得することに他ならない。

我々は、子どもにとって分かりやすく、理科が好きになれる方法をひとこと言うならば、それは「すっきり感」ではないかと考えた。また吉島小学校では、言葉を替えて「腑に落ちる理科授業」とした。

「すっきり感」の定義は、今後、実践をふまえてしっかりしたものにしていく必要がある。

3 すっきりとした理科の授業を仕組む

(1) 物質概念

本時で扱った大単元は「ものの温度とかさ」である。

多くの教科書ではこの単元の中で

- ①空気（気体）・水（液体）・金属（固体）の温度とかさ
- ②水と金属，空気のあたためり方について扱っている。

この中に含まれる基本的概念は「物質概念」である⁸⁾。物質概念は以下の式で表される。

$$\rho(\text{密度}) = m(\text{質量}) \div v(\text{体積})$$

この式で密度 ρ が「もの」であるとすれば、「もの」とは分りやすいいえば，重さ（厳密に言うとは重さは mg であって重力加速度 g がつくので質量 m とは異なる。しかし，ここでは子どもたちに分りやすいようにあえて重さという）があつて場所を占めるものと言えらる。このようなものであれば全て「もの」と言えるのであるが，それが分かるのがまず大事である。簡単なようで，意外と説明するのは難しい。2004年に市瀬が自分の大学で文化系学生40人に行った調査では，「空気はものとは言わない」という学生がなんと47%もいた。

また，体積 v には温度 T のパラメーターが関係し，この温度が変わることで，体積が変化し，固体・液体・気体とものを三態変化させる。

さらに大事なことは質量 m が変わらぬことである。質量は変わらぬが温度変化によって体積が変わり，それによって密度，すなわち，ものつまり具合が変わると考えるのである。この単元の前半，空気（気体）・水（液体）・金属（固体）の温度とかさでは，「あっそうだ，温度で体積が変わるのだ，その結果，つまり具合が変わり，さまざまな姿を見せる」ということに気づけば，全体を見通すことができ，小学生であってももすつきり感が得られ，腑におちていくだろうと考えた。

(2) 熱伝導

次の小単元「水と金属，空気のあたためり方」では，熱伝導が中心となる。熱伝導は基本的には，固体，液体，気体において分子があたためられると，その熱振動が次々と伝わっていくことに他ならない。固体ではすぐ近くに分子があり熱の伝わりは速い。一般に熱伝導は固体などのものの移動を伴わない物をいう。しかし液体，固体になると密度が小さくなるので，すぐ近くに分子がいなく伝わるのが遅くなる。液体・気体では流れがあり，対流という。もし，これらのことに子どもたちが気づいたならば，上述の(1)の物質観とつながり，さっと理解が深まるのではないかと考えた。

(3) 熱と温度の違い

①温度とは何か

温度とは何かと改めて問われると答えるのは難しい。「暑さ寒さの度合い」「温度計で測れるもの」などの答えに見られるように，温度はかなりあいまいである。そのわけをもう少し詳しく言うと

(a)温度は示強変数であり，長さのような示量変数と違っ

て足し算や引き算ができない。例えば断熱できる部屋に間仕切りを置き，右側を10℃，左側を20℃に保つ。しばらくして間仕切りをとる。そのとき部屋の温度は $10 + 20 = 30$ となって30℃になるかといえばそうならず，およそ半分の15℃くらいで落ち着く。

(b)温度は，場所や時間によって異なる。冷房や暖房が効いていればなおさらで，部屋の上下や窓側・部屋を中心など測る場所によって温度が違う。風が吹いていても違うし，時間変化があり再現は難しい。などとなる。

結局のところ温度とは「分子運動の激しさ」とすると分りやすい。分子の平均速度を v とすれば，運動エネルギーは，以下のごとく温度 (T) に比例する。

$$\frac{mv^2}{2} \propto kT \quad (k: \text{ボルツマン定数})$$

この式から分るように，分子運動の激しさは分子の速度の大きさで示される。

②熱とは何か

これに対し，熱はさらに難しい。「熱がある」ことを「温度がある」と言う場合もあるし，定義は混乱している。分りやすいなら「高い温度の物体から低い温度の物体に移った熱運動のエネルギー」を言うのである。

(4)単元の導入をどうするか

このように考えるとき，温度と熱を学ぶこの学習では，まず子どもたちの既成概念（温度と熱を区別できない状態）をくだけ，以下の実験から入ることが一つの方法として考えられた。

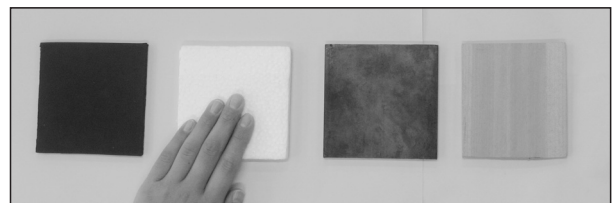


図1 ゴム・発泡スチロール・鉄・木を触る

①ゴム，発泡スチロール，鉄，木の板を触る

(a)同じ大きさと厚さのゴム，発泡スチロール，鉄，木の板を用意し，子どもたちの前に置く。これらの物が何であるかは，はっきりと名前を言い示しておく。

(b)子どもたちひとりひとりに手でさわらせて，どれが一番冷たく感ずるか，またどれが一番温かく感ずるか聞く。カードなどに書かせるのもよい。子どもたちは，おそらく発泡スチロールが温かく，鉄が冷たいと感ずると言うだろうと思われる。

(c)「では温度を実際に測ってみよう。どうなるかな」と言い，予想させる。子どもたちは，自分が触って感じたように，鉄が低く，発泡スチロールが高い・同じ・分らない などと答えることが予想される。

- (d)実際に精度の良いデジタル温度計でそれぞれの板を測ってみる。誤差が出るが、ほとんど同じ結果を得る。誤差が出る訳はいい加減にせず、ていねいに説明する。
- (e)「なぜ同じになったのか」議論させる。

比較のため、それぞれの板の温度よりも高い手の温度を測って示す。

- (f)ここで大事なことは板の「もの」が違うという発言である。その発言が出て、子どもたちがものの違い、特につまり具合に触れられたならば、それ以後の素晴らしい発展が期待される。

- (g)実験結果から手の温度が高く、板の温度はそれより低いことの発言に注意し、熱の移動に目をむけさせる。

②熱伝導率の違い

手で触ったときに冷たいと感ずるのは、物質の熱伝導率の違いによる。それぞれの板の熱伝導率を表4に示す。温度によって異なるものについては常温換算してある⁹⁾。

表4 物質の熱伝導率

物質	熱伝導率 (W・m ⁻¹ ・K ⁻¹)*
木	0.18
発泡スチロール	0.05
ゴム	0.2
鉄	81
空気	0.03

*熱伝導率の単位：長さ1mの板の両面に1Kの温度差があるときその板の面積1㎡を通して1秒間に流れる熱量。Wは仕事率。

表4を見ると、鉄は発泡スチロールの1650倍もの熱伝導を持つので、手の熱は速く伝わるがよく分る。また、発泡スチロールは、その構造をみると隙間があり、鉄よりもたくさん空気が間に入っていることが予想される。そのため、空気は熱を伝えにくいことから、鉄に比べて熱が伝わりにくいことに気づく。

もしも子どもたちが、ものの違い、つまり具合によって熱の伝わり方に違いがあることまで予想できていれば、それ以後の展開はかなりスムーズになるであろう。そして、子どもたち自身も、見通しがつき、腑に落ちていくだろうと考えられる。ただし、子どもたちの中には個人差があり、この方法ですっきりする子と、これではすっきりしない子が出ることは予想される。その場合は、すっきりした子が説明するなど、共感の世界の構築が必要である。このことの議論は別の機会に譲りたい。

③疑問を持ったら調べる

上述の表4程度の資料はインターネットで調べられるので、もし子どもたちから要求が出たら一緒に調べる。また、温度計測もそうだが、「分らなかつたら調べてみよう」という態度を身につけさせることは大事である。

(5) 金属板のあたたまり方

①感熱紙の使用

金属板のあたたまり方を調べる方法としてこれまで

- (a)ろうをぬる
(b)バター・ラードなどをぬる
(c)サーモテープを貼る
などの方法が紹介されている。

それぞれに、良い点と欠点がある。(a)と(b)は汚れが大変である。(c)のサーモテープは、簡便で、汚れることもなく、結果が速いので使いやすい。しかし他に比べて、多少値段が高い。また細いテープ状のものが多く、金属板全面に貼るのは大変である。教科書などでは金属板の4角などに切って貼る実験が紹介されている。さらに結果が速すぎて、ゆっくり見たい子についてはいけない。また、冷えると色が変わった部分が消え、もとに戻ってしまい、記録しようとしても証拠が残らない。再利用できることはある意味において欠陥ともなりかねない。

そこで、もう一つの方法として今回は感熱紙を利用した。感熱紙にはもう使われていないワープロタイプのもので、ファックスタイプのものである。どちらも可能ではあるが、いろいろ試した結果はワープロ用紙がよかった。理由はファックス用紙には特殊な液が混ざっているものがあり、その影響で金属表面がやや変化することがあったからである。

この感熱紙を金属表面に貼る。ただし、やってみれば分るが裏表を逆にすると反応しないので、注意が必要である。金属表面に貼るときは、水をつけ、ぴったり接着しないといい結果が出ない。空気が入るとそこで変化が止まってしまう。金属はアルコールランプやろうそくなどの弱い火の方が、きれいに熱の広がりが見られる。正方形、長方形などの板であれば、角を中心にきれいな扇形で、ゆっくりと熱が伝わり、広がっていくのがよく分る。また、火を止めてもその形が残り確認でき、子どもたちがしっかりと記録できるよさがある。

図2にサーモテープと感熱紙を銅板に貼ったときの熱の広がりの様子を示す。いずれも左下隅を熱した場合である。サーモテープは直線的にしか見えないのに対して、感熱紙の方が扇形に広がっていく様子がよく分かる。

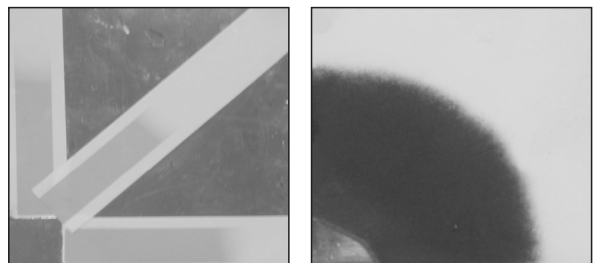


図2 サーモテープ(左)と感熱紙(右)の熱の広がる様子(いずれも左下隅を加熱)

②どの発言をとりあげるか

ここで問題にしたいのは子どもたちがどんな発言をしたときに、本質をつく発言ととらえるかである。熱伝導では、熱の伝わり方を「何かを押していくようだ」「手をつないで広がっていくようだ」などの発言が子どもの

熱伝導の本質に迫る子どもの発言

口から出れば、素晴らしい。教師はそれを見逃さないで、とりあげたい。そして、そのことが水や空気での学習につながって、ものあたためり方を物質観をもとに大きくとらえられるだろうと考える。

4 授業実践

(1) 授業の流れ

以下は吉島小学校で行った指導案である。ただし、子どもたちの実態や、それまでの授業の流れがあり、必ずしも上述の3で考えた部分が全て入っているわけではない。そのことを納得しながら考察をすすめる⁷⁾。

<全体計画 (15時間)>

- 第一次 ものによる熱の伝わり方の違いを実感する (2時間)
- 鉄板と発泡スチロールに触れて、体感温度の違いを感じる
 - 空気、水、鉄板の温かさを比べてみよう
 - 手の熱の伝わり方について考えよう
- 第二次 金属・水・空気の温まり方の違いを実験で確かめる (9時間)
- ものによる熱の伝わり方の違いを実験で確かめる
 - グループで実験方法、実験計画を考えよう
<金属、水、空気>
 - 鉄はどのように熱が伝わるのだろう
 - 水を温めているのに全体が温まらないのはなぜ?
 - 空気の温まり方は水と似ているようだ
 - ものによって温まり方に違いがあるようだ
- 第三次 日常生活の中の「熱」(1時間)
- 日常生活の中にあるあたためり方の違いを生かした工夫を探る
 - 金属は熱した部分から温まっていき(熱伝導)、水・空気は熱した部分が上方に集まる(対流)
- 第四次 児童の実態に応じた課題別学習 (2時間)
- 発展学習と補充学習の展開

(2) 熱と温度のちがい

①本質をつく子どもの言葉

導入となる第一次では鉄板に触らせ、その冷たさを感じさせた。また実際に温度を測ってみた。

子どもたちは金属、水及び空気の体感温度と実際の測定温度との違いに触れ、その意外性から、熱の伝わり方を調べていきたいという気持ちを少なからず持てたと思われる。

次に鉄の板にしばらく手を置くことで、鉄の板が少し温かくなったり、実際の温度が上がることに注目させた。

この授業において、熱について今後本質をつくだろうと思われるような子どもの発言やノートの記録をひろってみると、以下のものがあげられる。

- (a)手の形のところだけ熱が伝わる。手の真ん中が一番温かい。指先から手の中に熱が入る。冷たさが手に集まる。
- (b)手の温かさと鉄の冷たさが交換する。
- (c)しばらくすると手の回りも温まり、遠くまで温かくなる。

<考察>

ここで(a)の発言は接触面積に言及しており、どちらかということ、手の触った部分にだけ目が向いている。それに対し、(c)は時間経過後の熱のやりとりについても気づいており興味深い。

何よりもすごいのは(b)の発言である。この発言は正に熱の移動そのものであり、核心をついた本質に迫る発言である。「交換するってどういうこと?」「どっちからどっちに移るの?」など、この子の考えを深くついでいけば、必ずや熱伝導率の違いなどに行きつくだろうと思われる。

しかし残念なことに、(b)の発言はそれだけで終わってしまい、子どもの話し合いが深まらず、このことをもとに、物質概念や熱伝導のしくみ、それを介しての物質概念の議論が深まるまでにはなかなか至らなかった。この原因としては以下の点が考えられる。

- 難しい問題すぎるのか

子どもたちにとって、鉄板が冷たく・手が温かいことはすぐ分るが、「手の熱が鉄板に移ったので冷たく感じる」という考えに至るには少し抵抗があり、まして熱伝導率や、その背後にあるものの違い、つまり具合の違いにまで目をむけるのはかなり難しいのではないか。

- 教師の側のとらえ不足

今回、我々の側に、子どもがどんなことを言うか予想し、それに対してどんな流れを仕組むかの議論が不足していたのも事実である。例えば上述の「交換する」という発言が出たとき、それが核心をついたものであることをまず見抜くこと、そしてその発言をどう展開していくかを考えておく必要があった。同じような流れで展開したときに、子どもたちがどう答えるか、今回取り上げられた「交換する」と言うような言葉を集め、その意味するところや、そこからの展開をていねいに考えることは今後の課題である。

- 話し合いのできる素地づくり

当たり前のことといえばそれまでであるが、事実をもとに子どもたちの間で十分話し合いのできる素地づくりが、やはり母体として必要である。その中でこそ考えが練られ、本質に迫っていくことができる。

(3) 金属板の熱伝導

「金属板のあたためり方を自分が考えた実験方法で確かめよう」と始められた授業の様子を図3に示す。



図3 金属板に感熱紙を貼り、あたためる

このグループは、金属板に感熱紙を貼り、角をアルコールランプで温めている。感熱紙は角から扇形に黒くなっていき、熱が拡がる様子がくっきりと見てとれる。授業を始める前の予想の中から特徴的なものを拾ってみると次の通りであった。

①熱の広がり方の予想

- (a)扇の形をしてだんだん広がっていく。丸形。
- (b)金属を伝わって全体が温まる。角が温まると、もっと広がろうとするから全体に熱が伝わっていく。
- (c)どの向きにも同じ速さで広がっていく。

<考察>

このうち(a)と(b)は遠くに広がるように温まるという考えでかなり核心をついていると考えられる。(c)は速さに目が向いている。この予想と授業で行う実験から我々が期待する「何か隣りのものを押していくようだ」というような分子の熱振動につながる深い考えが出てくるだろうか、大いに楽しみであった。

②実験方法を考える

この授業では、子どもたちに教師が実験方法の数々をまず示し、子どもたちがその中からやりたい方法を考え、同じ方法の子がグループを組んで実験する方法をとった。その結果、以下のような内容が出てきた。

(a)金属板のどこを温めるか→角、真ん中

真ん中を温める方法の一例として、金属板以外にフライパンでおこなう方法が出てきた。

(b)形を変えたらどうなるか→L, △, 凹形

子どもの発想として、途中が切れていたり変形していたら熱が伝わらないのではという思いがあり、形に目が向いている。

(c)長方形(短冊形)→熱の伝わり方の速さを調べる。

(d)何をつかって温度変化を調べるか→バター、サーモテープ、感熱紙

③授業をしくむ

吉島小学校では実態をもとに、本時では図4のような授業展開をした⁷⁾。

最低でもこの3種類の実験方法があるということである。そして

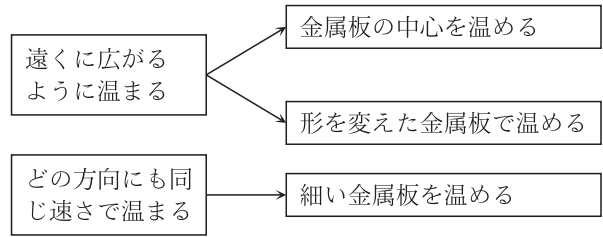


図4 吉島小学校での授業展開

(a)実験方法の発表

(b)グループ実験

(c)実験結果についてグループで話し合う

(d)実験結果について全体で話し合う

(e)今日の発見の記入

という流れが考えられた。この授業のねらいは、熱源から外に向かって広がりながら熱が伝わるのが理解できることであった。

ただし、この時点においては、この流れは子どもの発想を尊重するあまり、多様な考えをそのまま整理した形となったことは否めない。あまりたくさんの内容を授業に入れず、ダイレクトに伝わり方の問題に切り込んでよかったのではないかと考えられ、今後の課題である。

④授業記録(以下T:教師, C1～:児童)

(a)実験方法の発表

- T: 金属板のあたためかたを自分で考えた実験で確かめようということだけど、何を考えたかな?
- C1: 鉄板の角を温めて、後3つ(縁に沿う、対角線側端)のどこが一番速くあたたまるか調べる。
- T: スピードだね、速さ。
- C2: 正方形の角を温めて広がり方を調べる。
- C3: L型の鉄板を温めたらどうなるか。
- T: 大きく分けてスピード、広がり方の2つがあります。どれについて調べるのかネームプレートを貼って下さい。

<考察>

ここでは、指導案の流れが「確かめる実験方法を発表し、自分がどの考えかを確かめる実験をするのか確認する」ということだったので、このような流れとなった。C1の発想は後3つの角のうち一つは他の一つより長い距離にあり、それなりに比較することはおもしろい。しかし、このような方法では板の切り方やスピードといった方向に流れてしまう恐れがある。そこで、これは反省になるが、ここでは「何を考えたかな」とやり方を問い説明させるのでなく、「どうしてそうやりたいと思ったの」との問いかけがほしい。それによって子どもたちは、「金属板は〇〇のように熱が広がると思うので、僕は△△の方法で調べたい」と答えるであろう。

子どもの板の形へのこだわりは形が変わると、あるい

熱伝導の本質に迫る子どもの発言

は途中が切れた(凹)ような形だと、熱が伝わりにくくなるのではないかという考えにもとづいていると予想される。そのため、「なぜ、そんな形にしようとしたか」と教師や子ども同士で問うことが必要となる。自分のやっていることの根拠が必要となる。そうでないと、どのように鉄板を切るのかだけに始終して、理科からは随分はずれた視点に執着することになってしまう。大切なことは、今、熱の広がりについて調べているということ、子どもなりに認識しているかどうかということである。むしろ正方形のままでも、議論は十分可能である。

スピードと広がりについてであるが、温めるときの温度や、金属板の種類にもよるので、たとえストップウォッチで時間を計ったとしても、比較は正直なところ難しい。真ん中から同じように熱が伝わるだろうかとか斜めにしたらどうなるかというのはそれなりにおもしろい。しかし、子どもたちが言い出したものを全て取り上げ「いい考えだね、やってみよう。もっと他にないかな」という形での取り上げ方は、かえってマイナスになる、子どもたちが考えた実験を全てできないし、いろいろやっているうちに本論を見失う危険性が十分にある。スピードだけに注目するのではなく、スピードは広がりを目安と考え、どちらかというところと「どのように広がる」かを問題にしていくことが必要であった。

(b)各グループに分かれて実験

それぞれやりたい実験に向かって実験を開始した。ここでは抽出した児童C4の動きに着目する。この子は「同じ距離なら温かさの伝わる時間は同じ」ことを確かめたいと述べた。そしてその方法として正方形の鉄板の角を熱し、両側の辺に沿ってサーモテープを貼り、同じ速さで熱が伝わっていくか見たいと考えた。

サーモテープは辺に沿ったもの2カ所と対角線に沿ったもの(他の2つの辺より長い)1カ所の合計3カ所に貼った。実験後C4はカードに以下のように書いた。

・温まるスピードがどんどん遅くなった。やっぱり真ん中が一番遅い。後の2つは同じスピード。真ん中が一番遠いから。

(c)グループで話し合う

この場面では男子と女子の結果のくいちがいが見えた。男子は、温めた角より一番遠い真ん中(対角線)が速くなってしまったのである。そこでC4は以下のように発言・説明した。

C4: 同じ距離だから両端は同じ、真ん中は距離が遠いから遅いんじゃない?

(図を示しながら長さの違いを示して説明した)

<C4の自分のカードへの考察>

・温めたところから近い順に温まっていった。同じ距離のところは同じスピードで温まっていった。

<考察>

C4は、スピードから広がりを見ることに目が向いている。しかし、サーモテープを帯状に貼ったことにより、全体に扇状に広がっていくことに目がむいていない。

このことは、部分的にサーモテープを小さく切って貼った他のグループについても同様に言えた。熱の伝わり方がうまくいかず、色の変わる順番が不ぞろいであったり、サーモテープがない途中の部分の様子がどうなっていたのかは全く分らなかった。

その様子を見てみると、サーモテープで部分的にしかなる熱の広がりを見られていない子に対しては、やはり感熱紙を全面に貼って、熱の広がりをしっかり目で見させる必要を感じた。実際には次時に、自分がやらなかった実験を行い、全員で確認した。

C4はこのグループの話し合いの中で、他の子が言う「円形に温まっていった」「最初はギザギザで、それから円形に温まっていった」という発言をうけて、円形の熱の広がりを考えはじめ、カードにまとめとして以下のように書いた。

・温まり方は円がたに広まっていった。スピードは距離が同じところは同じスピードで温まっていった。

C4が自分のカードの考察に書いた「温まるのは近い順」から発展して、グループでの話し合いや、自分以外の実験を見て確認した結果、「あたたまり方は円がた」と形に目がむいてきた。線から面への転換である。

その他の子で特徴的な考えとしては、以下のようなものがあつた。

C5: あたためたところから、何か水たまりに石を落とすときのように広がっていく。

C6: あたためた熱が、じわじわと、となりへと動きはじめた。

これはカードに書かれていたことであるが、残念ながら、全体に拾い上げて紹介する時間がなかった。C6の発言は、もう少し「どんなふうになん？」というような聞き方をすれば、ねらいとする「押していく」のような分子運動につながる迫り方ができたのかもしれない。

(d)全体で話し合う

全体発表のやりとりは以下の通りである。

T: 全体発表をします。どうなりましたか。

C6: 角を温めてみると真ん中のサーモ、右のサーモ、左のサーモとなった。左右同時になると思っていたので違っていた。

C4: C6さんとは反対で左右同時で速くて中心が遅かった。

C7: 熱したところが丸っぽく黒くなってそれからドーナツみたくなった。

<考察>

ここで注目するのはC4が実験結果やグループでの討論をもとに「C6とは違うよ」と意見を言ったところである。この子はグループ討論でも自信を持って説明しており、事実から語る力がついてきていると思われる。

最後の全体のまとめは、時間がなかったせいもあるが、実験結果の発表のみで、あまり討論ができなかった。

(e)その後

次の時間には、本時で自分がやらなかった他の友だちの実験を皆でやって確認した。そして以下のようにまとめた。

- ・どこを温めても丸っこく広がる。
- ・形が変わっても全体が広がる。
- ・伝わるスピードは左右同じ。

というまとめをした。

また、この後は金属板から発展して、水や空気の温まり方の学習にとりこんでいった。

(f)今後の課題

正直なところ、これだけでは、結果は分らないと考える。しかし、その後の展開についてのプリントやノートの記録を見ると、少しずつではあるがより深く考えたり、事実をもとに発言をしたりしている場面が垣間見える。理科に対する目が広がってきたことは事実であり、今後の姿に期待したい。

5 まとめ

以上の考察から、本当に理科好きになるための授業展開として次のようなことが考えられる。

(1) 中心となる場面

授業の流れの中でどこが一番中心か、身につけたい概念を明らかにする中で、中心となる実験や観察を考える。子どもたちが考えた実験方法を全てやらせるという方法ではなく、結果が浮き彫りになるような、あるいは逆に子どもたちの既存概念・経験をゆさぶるような、実験をメインに据えるよう考える。授業時間が限られている学校教育では、何が中心かを考えることはきわめて大事である。

(2) 理由を言える子に

なぜその実験をするか、結果をどう考えるかの説明がきちんとできる子どもたちに、あるいはそれを受け入れて共に考えていける子どもたちを育てたい。

(3) 本質に迫る

本質に迫る子どもの発言は何か考える。今回は熱伝導の最初の部分で「手と鉄板の熱が交換する」という言葉が出てきて、これが一つの本質に迫る言葉と考えられた。

他の場面では「じわじわと、となりへ熱が動きはじめ

る」という言葉であるが、これもさらにどういうことなのかていねいにさぐってみる必要があった。また、子どもなりに何というかは今後、集めてみたいことがらでもある。

(4) どのように考えをつなげていくか

本質的な言葉が何か具体的に少し分ってきたので、今後はこれをどのように展開するか考えたい。どのように子どもたちをからめていくか、どのように授業を構築するかは今後の課題である。

(5) すっきり感は本当の理科好きを育てるか

理科が本当に好きになるには「すっきり感」を子どもたちに感じさせることが必要である。そのために現時点で考えられる研究の手立ては以下の通りである。

- ①単元における概念形成は何かをきちんと考える。
- ②その概念を子どもの言葉で言うとうどうなるかの追求。
- ③子どもたちに、事実にもとづいた議論ができる力をつけさせる。
- ④腑に落ちるときはどんなときか調べる。

ただし今回は、まだそのために具体的にどんな場面でどうするか、その結果をどう考えるかは、必ずしも、しっかりと考えられていなかった。これも、もう少し系統立てて考え、実証授業をしていきたい。

6 謝辞

本研究は、平成15・16年度理科大好きスクールの一貫として、魚津市立吉島小学校のみなさんの全面的な協力を得て行ったものである。吉島小学校のみなさんには、分かりにくいところもあったかと思うが、こちらの意をくんだ授業をしていただいた。また授業記録など多くの資料提供をいただき、心から感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 笹嶋嘉明・市瀬和義・清水建次, 理科離れ・理科嫌いについての考察—中学生・教師に対する意識調査—, 富山大学教育実践研究指導センター紀要, 第15号(1997) pp.1-9.
- 2) あなたも「おもしろ科学実験in富山」実行委員会に参加しませんか, 「'05青少年のための科学の祭典」富山大会・第12回「おもしろ科学実験in富山」ガイドブック, (2005) pp.104-105.
- 3) 市瀬和義, 単におもしろいだけでいいのか, 富山県理化学会誌, 第38巻 第1号(1996) pp.129-133.
- 4) 市瀬和義, おもしろ科学実験と知的好奇心, 富山教育, 第847号(2001) pp.41-52.
- 5) 市瀬和義, 「情」を前面に出した教育は可能か?—(1)大学における実践事例—, 富山大学教実践総合

熱伝導の本質に迫る子どもの発言

- センター紀要, 第2号(2001) pp.11-17.
- 6) 市瀬和義・坪本吉史・戸田一郎・高野哲夫, テーマをひとつに絞った宿泊科学実験教室－「学びのアドベンチャーの実践」－, 富山大学教実践総合センター紀要, 第5号(2004) pp.11-17.
 - 7) 魚津市立吉島小学校, 本校児童の実態, 平成15・16年度文部科学省事業・富山県教育委員会指定理科大学好きスクール「研究のあゆみ」(2004) pp.8-13.
 - 8) 玉田康太郎, 新・理科授業の創造 物質概念の基礎を教える, 新生出版(1997) pp.39-47.
 - 9) 国立天文台編, 理科年表, 丸善株式会社(1992) pp.477-480.

