

正しい熱概念を得る熱伝導の実験

井 藤 芳 喜*

Yoshiki ITOH
Experiments on the Conduction of
Heat for Obtaining the Correct Concept
of Heat

Abstract: From our research we found that the correct concept on conduction of heat was not attained by the students in the traditional teaching method. Therefore, we devised a method of experiment on the conduction of heat which provided more correct concept of heat to the students than before.

In this experiment with the apparatus, one end of the metal rod was heated and the other end was dipped in water. With the rising of the water temperature, the heat capacity was measured. This was planned to apply the hypothesis by analogy from the model that the capacity of heat differs according to thickness, length and the material used in the rod. The experiment was carried out under confirming the above hypothesis, for give the evidence.

This method of teaching was put into effect to 5th graders in elementary school and we analysed the concept of learning and studied the general effect of this teaching method in education.

はじめに

熱は抽象的概念であるから、子どもはもちろん、おとなでさえも理解し難い。大学に在学中の学生でさえも、熱と温度の区別さえつかないものがある。この原因は数多考えられるが、現在の熱の教材の取扱いにもその一因があると考えられる。本研究はこれらの誤った諸概念を指摘し、正しい熱概念を導く教材の一例として熱伝導をとりあげ、その指導の方法を検討してみた。

I 研究の経過および目的

これまでの教育方法で、大学に在学中の学生が熱現象に対してどの程度の理解がなされているか、特に熱と温度との区別をすることができるかを調査した。また小学生が熱現象に関して、どの程度の知識と経験をもっているかを調査した。

この調査の結果、現在の教材の中には正しい熱の概念を得るのに不適切なものをいくつか発見した。その主なものが熱の伝導の実験である。そこで、正しい熱の伝導の概念を得るのに適切と思われる実験装置をくふうし、この実験装置を用いて、子どもに熱の伝導の概念を得さ

せるのに適当と思われる指導の方法を合せ検討した。さらにこの指導法の具体的な適否を検討するための研究授業を行い、その内容を分析して、実験装置や指導法の適性を吟味した。

II 研究の内容

2.1 熱教材の問題点に関する調査

a. 大学生に対する調査

熱現象に対する知識を調査する目的で、教育学部の「理科教材研究」を受講している学生を主に、次のような問題を説明させた。

- 問題A 夏、日のあたる場所に長い時間放置してある金属と木とがある。この金属に手を触れると、やけどをするほど熱く感じるが、木に触れてもさほど熱く感じない。このわけを順序よく説明せよ。
- 問題B 冬、弱い西風が吹いている。家の南側の日当りの良い場所と、北側の日蔭とで空気の温度を計った。どちらの温度が高いか。それとも同じであるか。その理由をわかり易くのべよ。

説明や理由は、時間を十分に与えて自由に書かせた

* 島根大学教育学部理科教育研究室

ものである。

問題Aの説明文中に表現されている比熱とか伝導とかの術語をまとめた。また正答誤答は次表のとおりである。正答とある者の中には不十分ながら正答に近いものも含めてある。

問題Aの解答

第1表

		伝導 比熱 分子運動			正答 誤答 説明に ならない		
一般	113名	66(58)	23(20)	0(—)	20(18)	64(57)	25(22)
理科専攻	32名	11(34)	14(44)	5(16)	1(3)	27(84)	2(6)
計	145名	77(53)	37(26)	5(3)	21(14)	91(63)	27(19)

代表的な解答は次のとおりである。

- (1) 金属は伝導率が高いので熱をよく吸収し、温度が高くなる。(27名)
- (2) 金属は比熱が小さいので、同じ熱を与えても温度が高くなる。(24名)

問題Bの説明文中、太陽がまず地面を温めると考えるものは地面とし、太陽が直接空気を暖めるとしたものを空気とした。

問題Bの解答

第2表

		地面 空気 対流			正答 誤答 説明に ならない		
一般	113名	10(9)	11(10)	21(19)	33(29)	32(28)	25(22)
理科専攻	32名	5(16)	13(41)	14(44)	8(25)	15(47)	7(22)
計	145名	15(10)	24(17)	35(24)	41(28)	47(32)	32(22)

代表的な解答は次のとおりである。

- (1) 日の当たっている南側が空気が暖められるが、対流により北側に入りこみ、同じ温度になる。
- (2) 南側が暖められるが、風があるため、同じ温度になる。(10名)

調査内容の考察

- (1) 伝導、比熱、対流等の術語を使用するが、これらが起る原因や、その本性を十分把握していない。
- (2) 伝導については、小学校でもその現象を観察することになっているが、熱伝導によって起る外的現象のみをとらえ、伝導の実態を把握していないことが、調査結果から推定できる。熱放射についても同様である。
- (3) よく解るように説明を求めたが、単なる事象やことばの羅列的表現の者もある。分子運動論的説明をしようとする者も、十分な説明はできない。

b. 小学生に対する調査

子どもの熱に対する経験や知識を調査する目的で松江市の小学校4校を任意に選び、次のような質問をした。

○問題A このおりのはった朝はたいへんさむい朝ですが、このような日に、そのおんどをはかったことがありますか。このとき、こおりや水のおんどをはかったことがありますか。

○問題B ひどくさむいときに、水どうかんがさけることがありますか、このことを知っていますか。

○問題C ピンポンがへこんでいるときに、あたためるともともどることがあります。このことをやってみたことがありますか。していますか。

子どもの回答を整理したものは次のとおりである。

第3表

	A		B		C	
	経験	知識	経験	知識	経験	知識
4年 129名	22(17)	17(13)	61(47)	62(48)	91(71)	79(92)
5年 85名	29(34)	25(29)	51(60)	67(79)	79(92)	97(98)
6年 99名	22(22)	13(13)	87(88)	79(80)	97(98)	

(以上の調査は他の調査と合せて行い、その一部を抜粋したものである。)

調査内容の考察

熱に関する知識は、問題Bや問題C-2にみられるように50~100%であるが、単純な経験は問題Aにみられるように極めて浅い。

以上2つの調査から、これまでの教育では熱に関する正しい概念を得ることが困難であることと、子どもの熱に関する経験が非常に少ないことが判明した。従って、正しい熱概念を得るための適切な教材を子どもの経験をとおして与えることが望まれる。

2.2 熱伝導の実験装置のくふう

従来使用されている熱伝導に関する実験は、金属棒に蠟やバターを塗り、棒の一端をアルコールランプで熱し、蠟やバターがとけていう様子を観察して、これが熱伝導であると理解してきた。しかしこの方法は蠟などがとける温度が伝わっていくのを観察するのであって、決して熱の伝導を観察しているとはいえない。このような実験で熱のつたわり方をしらべている限り正しい熱の伝導の概念は得られない。*1,2,4,7

正しい熱の伝導の概念を得させるために次のような実験方法を考えた。熱は温度の高い方から低い方へ移動する。移動した熱量は水に吸収させればその温度上昇によって測定できるから、金属棒の一端を熱し、他端を冷水に浸け、その温度上昇を測定する。このとき伝達される熱量は金属棒の表面から逃げないものと仮定すれば温度差が著しくない限り、ニュートンの冷却の法則に従い、棒の断面積、温度差、時間に比例し、長さには反比例する。また金属の種類によって異なる。実際には放熱が起り、温度差は著しくしかも一定でないので、この法則に

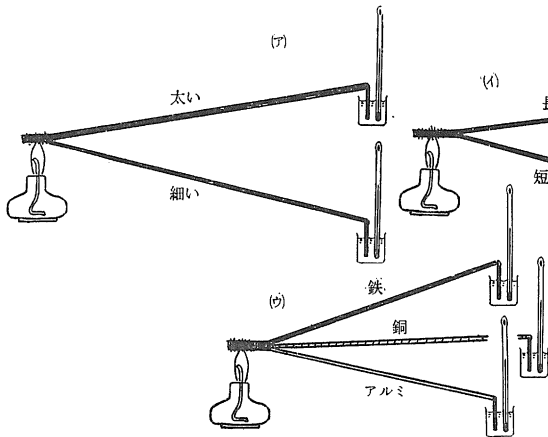
は従わないが定性的な実験は可能である。

子どもに与える実験装置は次の三種類を用意した。

- ア. 太さ 8 mm と 5 mm のアルミ棒 長さはいずれも 15 cm
- イ. 長さ 15 cm と 24 cm のアルミ棒 太さはいずれも 5 mm
- ウ. 鉄, アルミ, 銅棒 長さ, 太さはいずれも 15 cm, 5 mm

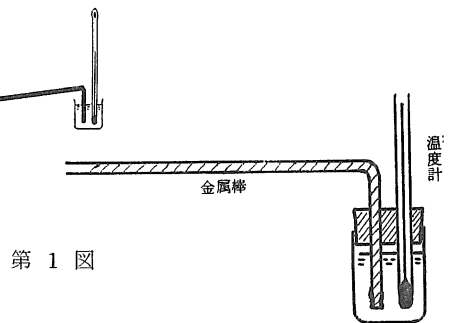
これらの棒はそれぞれ図のように一端を束ね、他端から 3 cm のところで折り曲げ、5 ml の水の入る 管瓶 に浸し、温度計をさしておく。

この装置はセットしたまま子どもに与える。アルコールランプで束ねた部分を熱する前に水の温度を測定す



- (1) 第 2 図(ア)のように二つに分かれたパイプの一方に砂をつめて水を流す。(砂は抵抗の役割をする。)
- (2) 第 2 図(イ)のように長さの異なるパイプに両方とも砂をつめて水を流す。
- (3) 第 2 図(ウ)のように太さの異なるパイプに両方とも砂をつめて水を流す。

以上の 3 つの実験は子どもにその結果を推測させることもできるが、簡単なことなので、事実を知ることによって重点を置いて実験を行うとよい。子どもは水がパイプから流れ出るまでの時間と流れ出してから流れ出る水の量に注目するように指導する。



第 1 図

「水の流れ」と熱との対応は次のように計画した。

「水の流れ」の学習の後、熱の伝導の実験装置を示しアルコールランプで熱すると、温度計はどうなるかを考えさせ、しかる後に「水の流れ」と類似した点を指摘

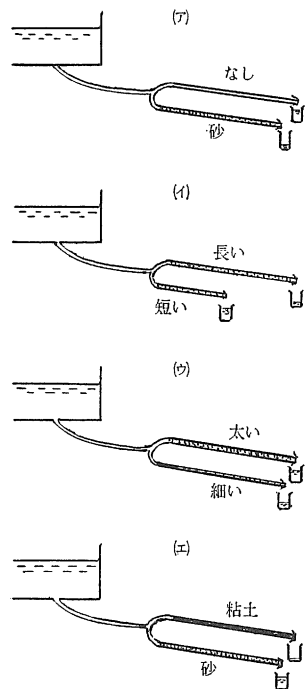
る。以後熱し始めて 30 秒ごとに温度を測定する。4 ~ 5 分程度で実験を終了し、データをグラフに画いて、これを解釈する。

2.3 指導方法のくふう、「水の流れ」のモデルの導入

前節の実験装置はこれをそのまま使用しても熱が伝わるのか熱が流れるのかの概念は簡単には得られない。熱伝導のような現象は抽象的で理解し難いので、これをまず具体的な「水の流れ」について、その現象を十分理解し、しかる後これと対比しながら熱伝導における諸現象を推理し理解させるような指導の方法を計画した。すなわち、「パイプを流れる水の量」を「棒を伝わる熱の量」に対応させて考えさせる。両者の対応は次の表のとおりである。

水の 流れ	熱
高い位置から低い位置へ	高い温度から低い温度へ
パイプの太さ	金属棒の太さ
パイプの長さ	金属棒の長さ
パイプにつめる砂利, 砂, 粘土	金属棒の種類 (銅・アルミ・鉄)

水の流れの実験は次のように計画した。



第 2 図

させる。この対応がうまくできた後、熱の伝導の実験装置の温度計の読みの変化を推定させ、この推定が確実になされた後、実験を行ってこの推定（仮説）が正しいことを実証する。

2.4 研究授業による教育効果の検証

実験装置や指導方法が適切であるか否かを検討するために、次のような研究授業を実施した。

(1) 実験装置の適切性の確認

論理的には熱伝導を正しく説明できる装置と考えられるが、子どもの実態に即した適切なものであるか否かを実際の授業をとおして確認する。

授業の流れ

1. モデルにより「水の流れ」を学習する。
太いパイプと細いパイプではどちらが多く水が流れるか。
2. 熱の伝導の実験装置とモデルの対比を行い仮説を立てる。
どこが似ているか、似ているとすれば熱の流れはどうなるか。
3. 仮説を検証する。

実験の計画を立て、測定を行い、結果をグラフに書き、グラフをもとに結論を出す。

授業担当者 島根大附属小 持田昌美教諭

実施期日 昭和49年12月6, 10日 (2 + 2時間)

(2) モデルを子ども自身で考えさせることの可能性

熱の伝導の実験装置をあらかじめ与え、この実験結果を予測するためのモデルを子ども自身で考えることができるか否かを検討する。

授業の流れ

1. 実験装置を示し、その結果を予想させる。金属棒の一端を熱すれば、もう一端にある温度計がどうなるかを考えさせる。
2. 子どもがモデルで思考するよう期待する。子どもが具体的モデルで思考できるか否か、うまく使用できなければ、教師がモデルを与えて思考させる。
3. 仮説を検証する。(1)と同様

授業担当者 島根大附属小

持田昌美教諭

実施期日 昭和50年6月12, 17日 (1 + 2時間)

(この授業の前半は附属小学校の定期研究会の研究授業として実施した。)

(3) 総合的研究

「水の流れ」の概念を用いて、熱の伝導の法則を導き出し、熱の概念の確立を試みる。合せて、科学の探求の過程の習得の実態を調べる。

授業の流れ

1. モデルにより「水の流れ」を学習する。
砂の入ったパイプと砂のないパイプではどちらが水をよく通すか、実験により確認。砂の入った太いパイプと細いパイプとではどちらが水をよく通すか、思考し、実験で確認。
2. 熱伝導の装置を示し、モデルと対応させ仮説を立てる。
3. 仮説を検証する。(1)と同様
4. 長さの違いによる伝導についても同様に仮説を立て検証させる。
5. 金属棒の種類の違いによる伝導についても、同様に仮説を立てさせる。(実験は今回は省略)

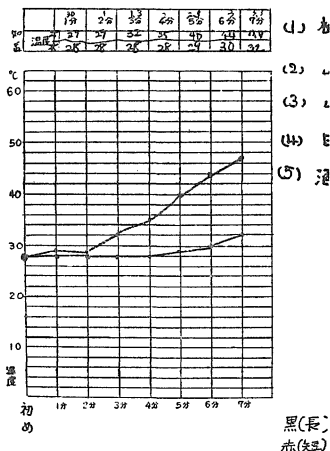
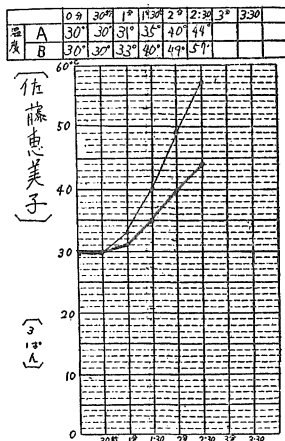
授業担当者 島根県大原郡大東町久野小 吉野茂樹教諭

実施期日 昭和50年7月8, 9日 (2 + 2時間)

III 研究の結果および考察

3.1 実験装置の適否

新しい実験装置は、金属棒の長さ、太さ、種類の違いによる熱の伝導量の時間的変化を記録できるように使用した。これを「水の流れ」の教材と組合せて使用した。この実験装置の取扱い方はさほど難しくなく、5年生の子どもに容易に測定値を読みとることができ、グラフを画き、グラフから伝わった熱量を推定することができた。また、子どもは熱とは表現しないうえ、何物かが伝わったことを表現することができ、一応所期の成果を得たといえる、しかし、この実験装置には次のような問題点が



第3図 左、太さによる変化右、長さによる変化

ある。

この実験装置は5分で実験が終了するように製作したものであるが、実際には材料のつごうでやや太いアルミニウム棒を使用したため、5分後には沸騰するほど熱せられる。もう少し細い棒を使用すればよい。今回は4分以内で実験を終了させるようにした。授業担当者の意見では、30秒ごとの温度測定は、子どもたちには忙がしすぎるということなので、現在の1.5～2倍の測定時間となるよう調節するとよからう。

なお、熱が伝わるという現象の理解の一環として、従来の蠟のとける温度の伝わる実験をこれと併用するのも一つの方法かも知れない。

子どもの測定した代表的グラフを第3図に示す。この実験は夏期に実施したので、実験前の温度が高いが、冬期に行えばグラフ全体に曲線が画かれる。

3.2 指導方法の適否

(1) 「流れ」の概念の導入の可否

研究授業(2)においては「流れ」のモデルを使用しないで、最初から熱の伝導の実験装置を与えて、太さの違いによる熱の伝導について考えさせようとした。しかし子どもたちは、アルコールランプの炎の熱が金属棒に伝わるころのみ注目して、金属棒中を熱が伝わるということには関心を払わなかった。したがって、小さい金属の方が大きい金属よりも温まり易いと考えていると思われる発言が多くみられた。すなわち、

5C 細い方が太い方より体積が少ないので……はやく温まる。

7C 細い方が温まり方が細くなる。しばらく。

10C 細いから熱はたくさん温まる。たくさんのは温まらない。

11C 細い方が熱を吸いとり易い。伝わり易い。

また、同様のことが研究授業(3)の水の流れのモデルを意識しないときの子どもの発言にみられる。すなわち、

4C 大きい方はひろがるのがおそく、細いのはひろがるのがはやいから

5C くだが小さいから、大きいくだよりはやく温まる

6C 太いから「熱さ」がいきにくくて、細いのはいくのがはやい。

以上の発言に対して、研究授業(2)と研究授業(3)のモデルを意識してから後では「水の流れ」と対比して「熱の流れ」を理解している。すなわち、

13C₁ アルミニウムが熱くなって、水の中へ行って温まる。

13C₂ アルミ棒を火であたためて、その熱が水のところへ行ったから、水が温ったのだと思います。

13C₃ その熱がどんどんアルミニウムを通して水の中へいったのだと思います。

以上のように「熱」という表現は必ずしもしなくても、何ものかが伝わるということに注目した発言が多くみられた。

新しく開発した実験器具はこれを単独に使用するとき、単に炎から金属までの熱の移動を考えるに留まる懸念があるが、以上の研究授業の子どもの発言からわかるように「水の流れ」のモデルを先に学習することにより、熱の伝導の概念の確立をより明確に期待することができる。

(2) モデルを子どもに考えさせることの可否

最近の理科教育の傾向として、モデルを子ども自身によって考えさせることの意義を強調したものがある。^{*5,6} 研究授業(2)では教師は子ども自身にモデルを考えさせようとしている。すなわち、熱の伝導の実験装置を示して、その結果をある程度話し合わせたか、その間にモデルを形成したような発言は期待できなかった。止むを得ず教師はこゝで「水の流れ」のモデルを与えて、これと比較させようと試みた。しかしあらかじめ予想を立てさせた間に、子どもは熱が流れるという意識はもっておらず、急に「水の流れ」が示されたため、対応を行うのにかなりの抵抗があったようである。また、このときの水の流れの装置は必ずしも適切ではなく、(太さ4.5cmと2.5cm、長さ16cmのパイプを使用)さらに中につめた砂のなす役割が十分理解されていなかったのもその原因であろう。

一方研究授業(1)では最初にモデルを与えて思考させ、次に熱の伝導の実験装置を示し、教師のどこか似ている点があるだろうという問に対し、何の抵抗もなくモデルとの対応ができていた。

研究授業(3)ではモデルによる実験を十分行った後、熱の伝導の実験装置を与えたが、子どもが現象が類似していることに気付かないまま、熱の現象を理解しようとしていたので、仮説が十分立てられなかった。しかし、一旦教師の発言でこれを意識すると、簡単にモデルからの類推で仮説を立てることができた。

11T きこの実験とくらべて、どこか似ているところがありますか。

11C₁ (以後いささか誘導的な面もあるが一応対応できると考えられる)

さらに次の棒の長短による違い、金属の種類による違いについての実験結果の推理では、着実にモデルと対比した類推がなされていると考えてよい。

以上のことから、子どもにモデル自身を考えつかすことは困難である。教師が積極的に子どもに働きかけて類似点を考えさせるようにしてモデルを意識させるようにすれば効果的である。なお、モデルについて、その結果を予想させることはあまり深く考えない方がよい。

3.3 科学の探求過程の習得

本研究は正しい科学的知識を習得させる目的で学習内容を構成したものである。しかしながら実際に行う学習には多くの科学の探求過程の習得が期待できる。その主なものは次のとおりである。

1. 条件を統制して実験を計画する能力
水や熱の流れは太さ、長さなどによって異なるが、例えば太さによる違いをみるためには長さや材料など他の条件を均一にして実験しなければならないこと。
2. 実際器具を正しく使用する能力
温度計、時計、アルコールランプなどの正しい使い方。
3. 測定を正確に行う能力
温度計や時計で正しく迅速に測定する。
4. グラフを画き、グラフから傾向を判断する能力。
どちらが早く（時刻）伝わるか、どちらが多く伝えるかなどをグラフから読みとる。
5. モデルを用いて推理する能力
抽象的事象をモデルにより対比させ新しい未知のものを推理する。
6. 仮説を立て、これを検証する。
論理的に仮説を立て、その仮説を検証する方法を考え、これを実験などにより検証する。
以上のように多数の能力の育成が期待できるので、有効な教材ということが出来る。

3.4 その他

熱伝導の実験装置も「水の流れ」の実験装置も教師によって製作され与えたものであり、子ども自身が考えたものではない。したがって、子どもがどの程度これに馴染み、思考の援けとなるか心配であった。「水の流れ」は具体的であったためか、教師実験であったが、非常に興味深く行われた。熱の伝導はグループ実験であったがよく協力して活発に行動し、手際よくデータを取りグラフ化が行われた。モデルを利用しての推理、データの解釈などの思考面でも活発な発言がみられ、予期以上の教育効果があったものと信ずる。

IV 結論

- 予備調査から次のことが判明した。
1. 大学生は熱に関する科学用語は知っているが、その内容が十分理解されておらず、現象を適確に説明することができない。これは従来の教育方法が、熱の本性を十分把握させていないためと思われる。
 2. 小学生は熱に対する知識はある程度あるが、これに伴った経験は思ったより少ない。
- 熱伝導の実験装置について

1. 5年生を対象に使用させた結果、取扱いやデータのとり方、グラフを画いたり、グラフから傾向を読みとったりすることなど、すべて無理なく所期の結果が得られた。
2. 実験装置は「水の流れ」のモデルと併用することにより、熱が伝わるという概念を得させることができる。熱伝導の指導方法について
 1. 熱が伝わるということについて、子ども自身でその具体的モデルを考えさせることは困難で、教師によって水の流れのモデルを与える方がよい。
 2. 熱の伝導の実験をとおして、科学の探求方法のいくつかも合せて習得でき、極めてつごうの良い教材といえる。
3. 「水の流れ」の教材は熱伝導のような抽象的現象の本性を理解するのに適当であるから、これを独立して、熱教材の前に課すことが提案できる。

おわりに

小学校高学年から中学へと進む間に理科をわかりにくくさせている原因に抽象的思考の困難性があげられる。本研究で使用した「水の流れ」のモデルは広く電気教材などの抽象的概念を具体化して思考することにも利用でき、目下新しい理解し易いモデルを研究中である。なお、本研究は文部省科学研究費（特定研究・科学教育）の助成を受けて行ったものであり、その一部は次の学会で発表したものである。

〃熱教材の問題点について、

日本理科教育学会中国支部大会（広島）1974.

〃小学校理科教育内容の検討—熱教材に関して—、
日本理科教育学会全国大会（埼玉）1974

〃正しい熱伝導の考え方を得させる実験法の研究、

島根大学教育学部 井藤芳喜、同附属小 持田昌美、同学生 首藤恵利 共同発表

日本理科教育学会 中国支部大会（岡山）1975

〃「流れ」をモデルとした熱・電気教材の指導

日本理科教育学会全国大会（旭川）1975

今回の研究に対し、研究授業などを担当してご協力を賜った島根県大原郡大東町久野小学校吉野茂樹教諭並に島根大学教育学部附属小学校持田昌美教諭に対し、深く感謝の意を表したい。

要約

調査をもとに、従来の教育方法では熱の正しい概念が確立されていないことを見出した。そこで従来のものよりもより正しい熱概念を得ることができる熱伝導の実験の方法を考案した。この実験装置は金属棒の一端を熱し、他端を水に浸し、その水の温度の上昇で、移動した熱量を測定するようにしてある。この実験装置は具体的

なパイプの中の「水の流れ」をモデルとして、これと対応させて、熱の伝導の量を予測させた。すなわち伝導量が、棒の太さ、長さ、材料などによってどのように変わるかを、モデルから類推して仮説を立てさせる。しかる後に実験を行い、その仮説を検証させるように計画した。

この方法を小学校5年生に実施し、その授業内容を分析して、教育効果を総合的に検討した。

参 考 文 献

1. 文部省 小学校指導書 理科編 1969 (東京書籍)
2. 新海勝良 理科教材研究事典 1962 (明治図書)
3. 井藤芳喜 “理科における子どもの量概念の発達” 理科の教育17, (9) 13 (1969)
4. 嶋田 治, 林 良重 誤り易い理科100題 (物化編) 1972 (東洋館)
5. 井藤芳喜 “理科教育におけるモデルの価値と利用” 島根大学教育学部紀要 (教育科学) 3, 84 (1970)
6. 井出耕一郎 画科教育特に化学教育におけるモデルの概念とモデル形成 日本理科教育学会研究紀要 12, 1 (1971)
7. 長谷川 聡, 中西哲夫 “熱伝導の問題” 科学の実験 16, (2) 69 (1965)

資 料

研究授業(1) 49年12月6日

- 1 T ニール管に砂を入れ、ゴム管を水道につなぎ、水を流してやる。そうするとどうなる？
- 1 C 水がでる。
- 2 T どこから？……図に画いてみよう。
- 2 C こゝ (A) から水を入ると、こゝ (B) からポトポト水が出てくる。
- 3 T こゝ (B) からすぐで出てくると思う？
- 3 C₁ パッと出てくるわけではない。
- 3 C₂ 砂には小さい空間があるが、水道管をサットとおるようには出ない。
- 3 C₃ 砂はだんだんぬれていく。
- 3 C₄ 横にすると、少しぐらい (水が) ななめになっていく。
- 3 C₅ 出始めたら、ちょっとずつ出る。
- 4 T じゃあ、やってみよう。メスシリンダーで出てくる水を調べてみよう。
- 4 C 0秒, 5秒……45秒, 50秒, 55, 出た出た。……50秒。
- 5 T 水道の水が流れて出ていくのがわかった。
- 6 T 次にこうしたらどうですか。この管を長くしました。太さは同じにしました。こちらから水を同じように流します。そのとき、水の出方はどうなると思いますか。
- 6 C₁ 出始めるまでの時間が長い。出始めたら同じようになる。
- 6 C₂ 出始めてもゆっくり出る。同じ力で水を流してやるだけだから。出始めるまでの時間は長い。出始めたら同じようになる。 12名
- 6 C₃ 出始めてもゆっくり出る。同じ力で流してやるだけだから。12名
- 6 C₃ 管が長くなるから、出始めるまでの時間は長くなるが、砂が多いと出る力が弱くなるから (水) を入れる量は同じでも、弱くなっていく。
- 6 C₄ 図1も図2も、水がだんだん出てくるから、図2の方もやっぱり出てくる。何分かって出てくる。

次に管の太さを変えたときや砂を小石や粘土に変えたときの水の出方を考えさせるが、実験は行わない。(この部分は省略)

太さの違いによる熱の伝導の実験装置の説明

- 1 T 今温度を見るとどちらも 17°C になっている。温めたらどうなりますか。こゝをアルコールランプでずーと温めてやると、
- 1 C あの実験 (パイプを流れる水) と同じになる。
- 2 T この実験と同じになりますか。
- 2 C だけね、細い方はね、水道の水があつた管の中を降ってね、コップの中に入る。その量が熱さでね、
- 3 T 細いアルミニウムの方がこれ (細いパイプ) 太いアルミの方がこれですか。
- 4 T 考えられるという人、考えられないという人、誰か、考えられるわけをこゝへ来て説明して、
- 4 C こゝに (パイプ) 砂があつたとしたら、こゝを温めて、コップの中に入るわけでしょう。
- 5 T 何が入る？
- 5 C 水が、この場合、アルコールランプで温めるのと、同じ熱さでやるのと、同じ水力で水を出すのと一緒で、水がこの中を通って行って、温度がコップの中に入る水で、どっちが温度が高いかは、熱がどっちが多く伝わるかということだから、どっちが熱が (多く) 入るか、どっちの方が多く水が入るかが似ている。
- 6 T では、この水にあたるのは、Y君はアルコールランプの
- 6 C 火、熱さ、
- 7 T 火の熱さですか。アルコールランプから出た熱さがこゝをずーと出ていく、だから水になって、アルミニウムが何かというと、この砂の役をしている。じゃあ、この温度計で温度をはかろうとしているのですが、これは何ですか。
- 7 C 水の量
- 8 T 水の量ですか。こゝから出てくる水の量にあたるのを温度計ではかる。この場合には、水がたまるわけではないから。
- 8 C 温度、水温
- 9 T 水温をはかっていく。水が温まっていくから、どちらがたくさん温まるかということをはかっていこうとしている。
- じゃあ、こゝからずーと伝わっていくものは何なのでしょう。
- 9 C 温度
- 10 T 温度？
- 10 C 熱
- 11 T 熱が伝わりますか。熱だと思ふ人、温度だという人。
- 11 C 温度でもあるけど、熱。
- 12 T 熱と温度と一緒にですか。なら、温度が伝わる？ 熱が伝わる？
- 12 C 熱、熱といった方がいいよ。

以下 省略

研究授業(2) 50年6月12日

前 略

実験器具の説明の後

- 1 T これ (実験装置) をアルコールランプで温めてやるとね、こゝの水はどうなりますか。
- 1 C 温かくなる。
- 2 T 温かくなっていくと思う人。(ほとんど全員手をあげる)
- 3 T 温かくなっていくかもしれないね。この温かくなっていく水の温度を測ってみたい。
- 4 T こちらは細い棒、こちらは太い棒、太さが違うんです。どちらの方がよく水が温まるだろうかと。(板書：どちらの水がよくあたたまるか) 今の問題についてどう考えるか、ノートに書いてみてください。(各自ノートに書く)
- はい、ちょっと聞いてみましょう。
- (ア)の方がよくあたたまる (11人)
- (イ)の方がよくあたたまるのではないかと (23人)
- どちらも同じという人
- 5 T (ア)の方がはやく温まるんじゃないかなあという意見 〇君
- 5 C 太い方が細い方より体積が少ないので、それほどはやく温まる。
- 6 T 体積というと、この棒の体積のことですか。
- 6 C 棒の太さが違う。
- 7 T 棒の体積のことなんです、棒が小さいということからはやく温まる。
- 〇君と同じ意見の人、Tさん。
- 7 C (イ)のぶんより(ア)の棒が細いでしょう。すると(イ)のぶんは温まり方が全体に(ア)は細いしね、温まり方が細くなる。(イ)より(ア)の方

が細いでしょ、温まる広さが少ない。温まり方もしぼられる。そういう力も強くなるから、(ア)

- 8 T (イ)の方, N君。
 8 C 太い方が熱をよく水まで伝わせる。
 9 T 太い方がよく水まで伝わせる。
 9 C でも(ア)の方が熱くなる。これは少しの水のときのこと。
 10 T 少しの水のときは (ア)が熱くなるの。
 10 C 細いからね。その代り、熱はたくさん温まる。たくさん水は温まらない。
 11 T どちらも同じだ (の意見の人), Mさん, Iさん。
 11 C (ア)の方はだいたい熱をすいとり易い。伝わり易い。太い方は同じ。たくさん吸い取るけど。
 12 T (図を示しながら) 熱がこれ(ア)ははやくいく。これ(イ)はゆっくりいくけどたくさんいく。Nさん。
 12 C 伝わる多さには関係ない。だいたい同じように水のところへ行く。

以下省略

研究授業(2) 50年6月17日

前略

- 1 T 最初に太いのと細いのでやってみましょうか。これはK君のグループ オーバーヘッドでみんなに見るようにしてみたいと思います。
 中略
 2 T この実験結果からどんなことがわかりましたか。S君。
 2 C 太い方が熱をはやく伝わせる。
 3 T (板書 太い方が熱をはやく伝える)
 4 T こう、ほかに、M君。
 4 C はやくというよりは熱をたくさん伝えるといった方がよい。
 5 T 熱をはやくというのではなくたくさんですか。(板書 熱をたくさん伝える)
 6 T このグラフだけでわかること、どんなことでもいいから出してください。思ったこと。
 6 C 初めの方はね、太い方がかなり熱をたくさん伝えていて、
 7 T 太い方がかなり熱を伝える。
 7 C はやくさきに。
 8 T はやくさきというのはどういうことかな。M君。
 8 C あのね、30秒のところでたくさんあがったでしょ。だからね、やっぱり そっちの方がたくさんというか、はやく伝える。
 9 T Fさん
 9 C 細い方は少しずつ温まってゆくんだけど、太い方は急に温まっています。

以下省略

研究授業(3) 50年7月8日

前略

長さも太さも同じ2本のパイプの片方に砂を入れる。

- 1 T 砂が入ったね。こっちは?
 1 C 入っていない。
 2 T こっちは入っていないね。これにこゝから水を入れてみる。
 2 C 水を入れるの?
 3 T こゝに水がある。
 (パイプに水を流す)
 4 T こっちの方、出んだろう。
 4 C 出る。
 5 T 出る?
 5 C 時間がかゝる。
 6 T 時間がかゝる。
 6 C 出た。
 7 T この実験でどんなことがわかった。Mさん。
 7 C 砂の方はなかなか水が出なかった。
 中略
 長さの違いによる水のモデル
 8 T こんどはこれで実験したらどうだろう。こんど、この装置はどんな装置かという、くだの太さはどうですか。
 8 C 同じ。
 9 T どこが違う。
 9 C 長さ。
 10 T 長さが違うね。これに砂を入れますよ。
 (パイプに砂をつめる)
 11 T どちらも入りましたね、こんどはどうなるかなあ。さあ、これでやったらどうなるだろう。S君。
 11 C₁ こっちは長い。こっちは短い。どちらも砂が入っているけど、こっちは短いからはやく出る。
 11 C₂ (全員) 同じです。
 12 T どちらがはやく出始めるか、Bの方、だれもそでうすか。

12 C はい。

13 T 水が出始めたら、どちらが多く水が出るか。

13 C B。

中略

14 T Bだという人 18人 2人だけ他のぶんがあるな。どっちですか。

14 C A。

15 T どちらがはやく出始めるか、ちょっと時間をみましょう。どちらがよくたったか、量もみないといけませんね。

実験を実施し、結果を確める。

以下省略

研究授業(4) 50年7月9日

前略

実験の図を掲示

- 1 T こちらの水(A)とこちらの水(B)が温かくなるといったが、どちらの水の温度がはやくあがるだろう。今日はこういうことを考える。そうだな、グループでちょっと話してみなさい。
 2 T Rさん
 2 C 私たちのグループ (の意見) は女子はBがはやく温かくなると思いました。太いから、たくさん熱が入ってくるからだと思いました。
 3 T 太いからたくさんどういったかね。
 3 C 熱が入る。
 (板書 熱が入る。)
 4 T S君
 4 C Aがはやくいと思います。そのわけは大きい方は、あのひろがるけ、細かいのより太いから、ひろがるのがおそく、細かいのはひろがるのがはやくいから(と)思います。
 5 T Mさん。
 5 C 私もS君と一緒にAがはやくいと思います。それはAはくだが小さいから、Bのくだよりはやく温まると思うから、Aがはやく熱くなると思いました。
 6 T C君。
 6 C ぼくはS君と同じで、Aがはやくいと思います。そのわけは、太いのは「熱さ」がいきにくくて、細かいのはいくのがはやくいと思う。
 7 T ちょっとBがはやくいと思う人 6人
 Aがはやくいと思う人 14人
 今、考えてって、また意見が違ったという人ありませんか。
 温まりしたら、どちらの方がどどん、よく温まって行くだろうか、温まり出したらどちらの温度がどどんどどんどどん……
 8 T Mさん。
 8 C Bだと思えます。それはくだが太いから、それでたくさん熱が入ると思えます。
 9 T K君は。
 9 C ぼくも同じです。
 10 T 温まりだしたら、Bがどどん温まっていく、いゝですか、だれもそう。C君と反対の人ありませんか。C君やMさんの考えと、自分も同じだという人、どのくらいますか。
 (全員手をあげる。)
 11 T このぶんは、きのうの実験と比べて、どれかに似ているところがありますか。きのうの実験とどれか関係がありそうだなあというのがありますか。Y君。
 11 C 2番目のあの小さいのと太いの。
 12 T このぶんとよく似ているの、みんなは。
 12 C (一斉に)おなじです。
 (これより熱の実験装置と流れの実験装置との類似点の対比が始まる)
 以下省略
 (太さによる熱の伝導の違いの実験の後に)
 13 T こゝ温めたら、こゝがあがったんですね。離れたところがあがってきたんですね。こんなに、なしてだと思ふ。こんなにアルコールランプははなれているよ。
 (中略)
 13 C₁ アルミニウムがね、熱くなって水の中へ行って温まる。
 13 C₂ アルコールランプがね、アルミの棒を火で温めてね、その熱が水のところへ行ったから、水が温まったのだと思います。
 13 C₃ M君と同じで、アルコールランプが火で温められて、その熱がどどんアルミニウムを通して、水の中へ行ったのだと思います。
 14 T それじゃ、こゝを何か伝わるものが見えませんか。
 14 C 見えません。
 15 T 目に見えなかったね。何だかしらんがこゝを伝わって行っている。今熱だといったね。

以下省略