

1時間の授業の中で、顕著な温度差を 数値で確認できる水の対流実験

滝沢 正規
(国立学園小学校)

(1) 始めに

小学校4年生の理科の単元に「ものの温まり方、熱の伝わり方」がある。この単元では、3種類の熱の伝わり方として伝導・対流・放射を児童たちに指導する。以前から対流によるものの温まり方を指導するときには、事前に具のないお味噌汁を大量に作っておいて、大きなビーカーに移してそれを班ごとに加熱して、ビーカー内の味噌カスの動きを児童が観察することで、水の対流を指導してきた。児童は、時間と共に味噌カスが渦を巻くように動くことによって、水の動きを目で確認できて体感できるが、更に具体的な数値により、水の上部と下部の温度差を簡単に児童たちへ提示できないものかと思っていた。

児童たちは、対流という言葉进行学习しなくても、お風呂に入った時に放置しておいた湯船の水が、上は温かくても下は冷たいことを生活の中で少なからず経験している。しかし閉じ込めた水の上部と下部の温度差がどのくらいあるかを、1時間の授業の中で簡単に演示したり実験したりできる方法がなかなか見つからず、いい方法はないものか考えていた。

要するに、加熱に耐えうるだけの細くて長いガラス管で、一方が完全に閉じていて一方は開いていて水の出し入れが自由にできる物があればいいわけである。しかも、できるだけ安価なものであれば最適である。あれこれ考えるうちに思いついたのが、

使用不能になった40Wの長い蛍光管であった。40Wの蛍光管（長さ約1m20cm）は、どこの学校でも会社で照明用に使われていて、一定量が定期的に廃棄物として捨てられているはずである。その蛍光管を使って水の対流実験できないものかと思い、試すことにした。

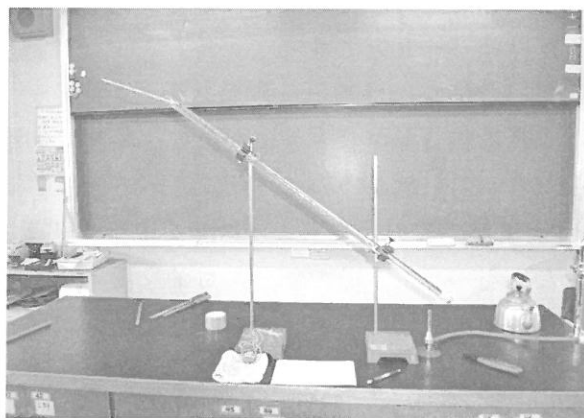


図1 蛍光管の下部を加熱する実験装置

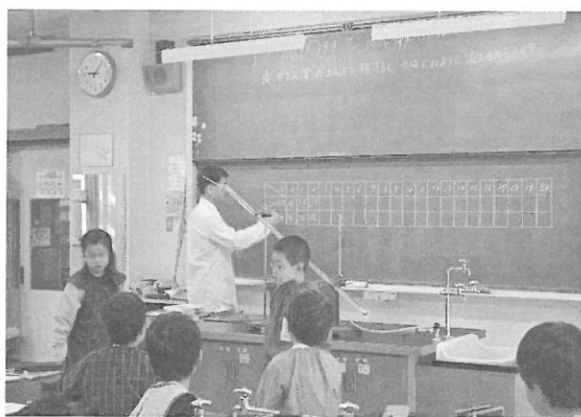


図2 温度計を読み取り、席に戻る児童

(2) 実験装置の作り方

- ① ①まず、切れて点灯しなくなった 40W の蛍光灯を用意する。
- ② ②蛍光灯のガラス部分の端の金属端子を切断する。その際、切断するのはどちらの金属端子でもよいが、より黒く変色しているガラス部分の金属端子の方よい。その理由は、より黒く変色しているガラス部分を残すと、ガラス管内部を磨く時に一番底になり磨きにくくなるからである。その結果、ガラス管内部の白い粉のようなものが残り、温度計を沈めた時に最下部の温度計の目盛りを読みにくくなるという不都合が生じる。

- ③ ③蛍光灯のどちらを切断するかを決めたら、蛍光灯のガラス部分の一端を切り落とす。その方法は、金属鑿（やすり）を使い、ガラス部分に線を引くように傷をつけていく。その際、できるだけゆっくりとこすっていく。急いで傷をつけると、ガラスの

割れる部分がギザギザになって、綺麗に切断できない。そうは言っても、切断面はどうしても危ないので、ガムテープを巻くなどして、安全面への配慮が必要となる。

また、この他にもガラス管を上手く切断する方法として、金属鑿で細い筋のような傷をつけて、その部分に灯油を浸み込ませたタコ糸を巻きつける。そしてそのタコ糸に火をつけると、滑らかな切断面になると聞いたことがある。しかし、私の拙い技術では、まだ成功に至っていない。

- ④ ④次にすることは、蛍光灯のガラス内部を磨いて透明にすることである。長い棒か固い番線の先に包帯などの布を巻きつけて、蛍光灯の内部を磨いて透明にする。
- ⑤ ⑤温度計を 2 本用意する。1 本は蛍光管の底に沈めるもの。もう 1 本は、蛍光管の上部に設置するものとする。

- ⑥ ⑥蛍光管に水を入れる。従来の直径約 3.0cm の太い蛍光管には、上部 10cm くらいを残して水を入れると、約 800cc の水が入る。蛍光管の上部に余裕がないと、加熱によって水が膨張したり沸騰したりしたときに溢れてしまう恐れがある。最近では、直径のより細い約 2.5cm の蛍光管が出回っている。この蛍光管に注ぐ水の量は、約 650cc になる。

- ⑦ ⑦次に、水の入った蛍光管を、 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ の傾斜で固定する。その方法は、2 つの鉄製スタンドと 2 つの自在ばさみを使う。設置する角度が急過ぎると、蛍光管が滑り落ちる可

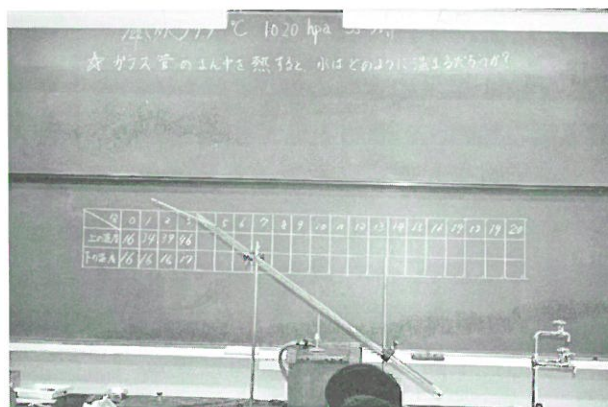


図3 黒板に書いた実験結果(3分経過)



図4 上下の温度計を読み取る2人の児童

能性があり、傾斜が緩やかだと蛍光管に入る水の量が減ってしまう。固定する際に、自在ばさみをあまり強く締めると蛍光管が割れてしまうし、緩いと加熱時に僅かな振動で、蛍光管がずれ落ちてしまうことがあるので、要注意。

⑧水の入った蛍光管を適切な傾斜で固定したら、蛍光管の下部と上部にそれぞれ温度計を入れる。下部に沈める温度計には紐をつけて、ゆっくりと沈めるとよい。また引き出す時にも便利である。

⑨ガスバーナーで、蛍光管の最下部か中央部を加熱するか決める。

⑩指導時間や装置に余裕があるならば、2つの実験装置を用意しておいて、一つは蛍光管の最下部を加熱して、もう一つは蛍光管の中央部を加熱するのも、両者を比較できて面白いだろう。

⑪この実験を始めた頃は、蛍光管の最下部を加熱していた。しかし、その後、蛍光管の中央部分に当てて加熱するようにした。何故なら、温められた水は下方へ移動しないことも確かめたい思いがあったことと、より短時間で蛍光管内部の水温が上昇するからである。

(3) 実験の経過及び結果

①国立学園小学校では、40分が1校時の単位である。そこで、1時間の授業の中で授業の起承転結を考えると、蛍光管への加熱時間を10分間とした。そして、火を消した後の10分間を経過観察の時間として、合計20分間の演示実験とした。

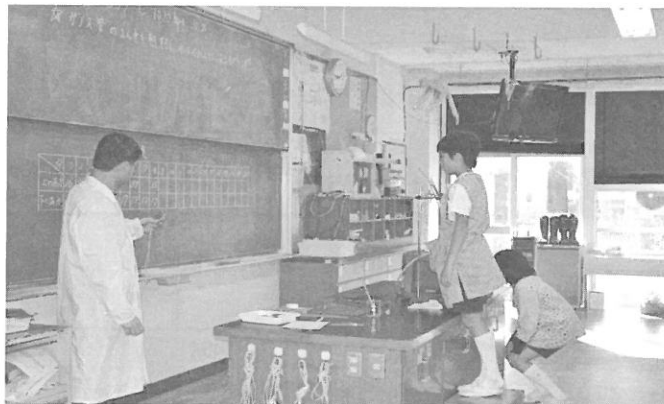


図5 順番に温度計を読み取る女子児童

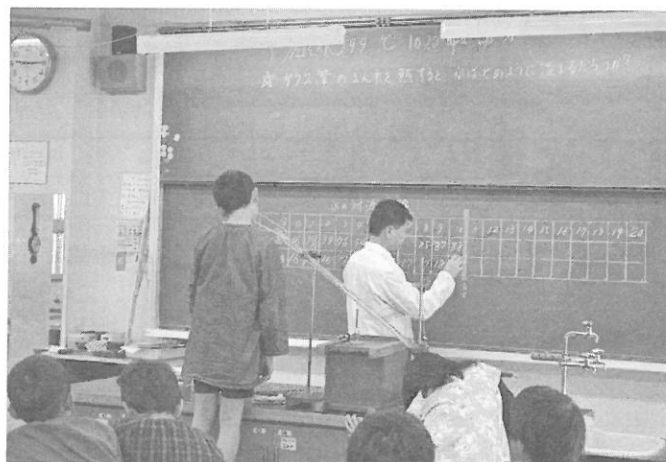


図6 実験開始後10分が経過して消火

- ②児童には、授業の最初に実験の概要を説明して、20分間の水温変化を記録するための表を各自のノートに書かせた。予め、実験結果の温度を記入するプリントを用意するのも一つの方法であるが、敢えて児童にそれぞれノートに自由裁量で表を書かせた。
- ③20分間の演示実験の間、児童の興味を持続させるために、二人一組で蛍光管内部の温度計の目盛りを読むことと、みんなに発表することにした。国立学園は40人学級だから、実験中にちょうど1回は温度計を読む機会があり、比較的、興味を持続した。
- ④更に、20分間の演示実験の間、児童の出番は温度計の目盛りを読むことが1回だけなので、残りの時間は実験装置の様子をスケッチさせたり、その絵に色を塗るように指導した。



図7 実験装置や温度をノートに書く児童

表1 蛍光管の最下部を加熱した時の水温の変化(加熱後10分で消火)($^{\circ}\text{C}$)

| 位置 | 時間(分) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 上部 | 17 | 21 | 29 | 31 | 34 | 38 | 41 | 45 | 48 | 51 | 54 | 56 | 56 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 51 | 50 |
| 下部 | 17 | 21 | 23 | 25 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 43 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 44 | 43 | 42 | 42 | 41 |

表2 蛍光管の中央部を加熱した時の水温変化(加熱後10分で消火)($^{\circ}\text{C}$)

| 位置 | 時間(分) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 上部 | 18 | 33 | 38 | 42 | 50 | 57 | 64 | 71 | 77 | 82 | 84 | 84 | 83 | 81 | 79 | 77 | 74 | 73 | 71 | 68 | 67 |
| 下部 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |

(4) 実験結果への考察及び今後の課題

①この蛍光管を使った水の対流実験を思いついた動機は、蛍光管の上部と下部でかなり

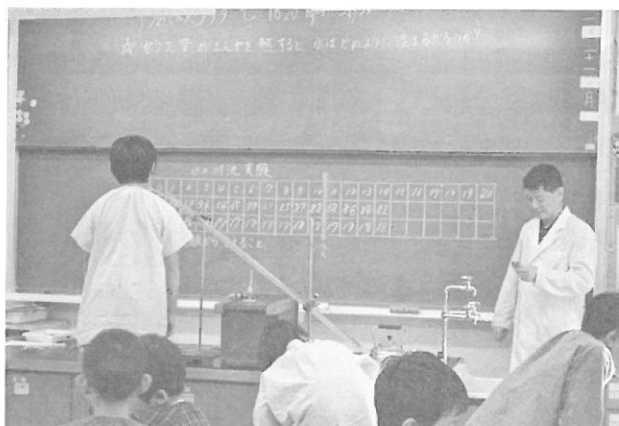


図8 火を消してから3分が経過

の温度差があることを、児童に数値で提示しなかったからである。予備実験で、炎の大きさをどのくらいにしたらよいのか、何回か試してみた。炎が小さいと、生じる温度差が小さくなるし、大き過ぎると蛍光管内部に大きな気泡ができて蛍光管が僅かに振動することもあった。適切な炎の大きさは、実際に事前に試してみるのが一番。

②昨年の授業では、新しいタイプで直径の細い蛍光管の中央部を加熱してみた。従来の太い直径の蛍光管の最下部の水を加熱した場合には、蛍光管全体の約 800cc の水を加熱した。しかし、直径の細い蛍光管の中央部を加熱すると、温められて対流する水は約半分の 300 cc になった。水量が減った結果、弱火と中火の間くらい程度の炎の大きさでも、すぐに水温が上昇した。最初の予備実験の時には、炎が大き過ぎて点火後 7~8 分位で水が膨張して溢れたり、沸騰の振動で上部の温度計が落ちたりしてしまったりした。その時の水温やガスバーナーの加熱位置により、炎の大きさを調節しなければならないことに気づかされた。

③実験終了後に、児童たちに蛍光管を下から徐々に触らせてみて、下は冷たくて、上へ行くに従い蛍光管が熱いと体験させてみた。児童が直接に触って皮膚感覚で体験したことは、児童の印象や記憶に残るのではなかろうか。

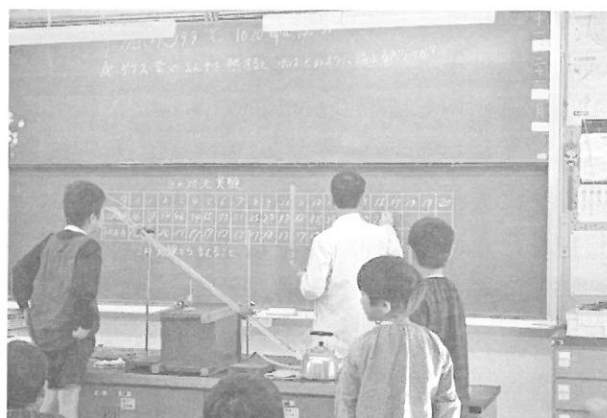


図9 出席番号順に温度計を読み取る児童

④実験装置の蛍光管には、内部に水銀を含む塗料が塗られていると聞いた。この水銀の量がどのくらいのものなのか、また、それらが有害な量や程度のものならば、安全に除去するにはどうしたらよいのか、今後、検討を要するところである。

(5) 「物の温まり方・熱の伝わり方」の単元の指導計画 (10 時間)

- ①マッチの擦り方 (マッチを確実に安全に着火・消火する練習)
- ②アルコールランプの使い方 (アルコールランプの安全な着火・消火の練習)
- ③ガスバーナーの使い方 (空気ねじとガスねじを上手く調節しながら、ガスバーナーの安全な着火・消火の練習)

- ④水の加熱実験その1 (味噌汁を加熱して、味噌カスの動きから対流現象を確認する)
- ⑤水の加熱実験その2 (本時 蛍光灯の水を加熱して、対流時の水温の差を数値で確認)
- ⑥15cm 四方の金属板を加熱する (蠟を塗った金属板を加熱して、熱伝導を確認)
- ⑦コの字型の金属板を加熱する (蠟を塗ったコの字型金属板を加熱して、熱伝導を確認)
- ⑧金属棒を加熱する (蠟を塗った金属棒を加熱して、金属の熱伝導を確認)
- ⑨銅・鉄・アルミの金属棒を加熱実験その1 (マッチ棒を立てた銅・鉄・アルミの3種類の金属棒を加熱して、熱伝導の速さの違いを確認する)
- ⑩銅・鉄・アルミの金属棒を加熱実験その2 (銅・鉄・アルミの3種類の金属棒を加熱して、体膨張率の違いを確認する)

(6) 授業を受けての児童の感想及びノートの記事

この授業を受けた児童が記録したノートを、参考までに載せておいた。ノートの記述にもみられるように、多くの子どもたちは、お風呂のうわべの水は温かいが下は冷たいことと、理科室で行う水の対流実験を同じ現象として捉えにくい傾向がある。その一例として、ある児童はノートに、「はじめは、上も下も同じくらいの温度かなと思っていたけど、すごい温度差で上の方だけどんどん温度が上がっていったので、びっくりした。」と、授業後の感想を書いている。このような感想を書いた児童は他にもいたので、児童の体験と知識と目の前の事象を一つのものとしてつなげる必要があると思われる。そのことにより、児童の学習効果はより一層深まるのではないだろうか。

また、空気の対流現象を小学校の理科室で、子どもたちに簡単に提示することは難しいが、この授業の最後の数分間で、空気の対流の具体的な事例として、実験を行った理科室の天井付近と床に置いておいた温度計を見せた。それは、空気(部屋)の上部と下部との気温差がどの程度のものであるかを児童に提示する目的であった。その時は、まだ暖房を使用していない時期であった。天井でまで約3mある部屋の気温は、上部が20°C、下部が16°Cで、その差は4°Cあった。冬期に暖房を使用する時期には、4°Cよりも更に大きな温度差が生じることは、容易に想像できる。

児童に水の温度差や対流している水の動きを、更に明瞭に提示するにはどうしたらよいか、授業を終えてに考えてみた。それは、蛍光灯に入れる水の中にアルミ粉や化粧品に使うラメを入れたら、水の動きをもっと子どもたちは視覚的に捉えることができるのではなかろうかと思った。今後、同様な実験する機会には是非、試してみたいと思っている。また、蛍光灯の中に入れる温度計を2本でなく、上・中・下と3本の温度計を設置したら、更に詳細な水の温度変化を記録できるのではなかろうかと想像している。

最後に、この実践記録を発表するにあたり、明治大学資格課程の別府先生をはじめ、高野先生、高橋先生から大きなご支援と丁寧な指導を頂いたことに、この紙面を持ってお礼を申し上げ感謝の意を表します。