



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	小学校第6学年における電熱線の発熱実験についての考察 (fulltext)
Author(s)	鎌田,正裕; 隈元,就仁
Citation	東京学芸大学紀要. 自然科学系, 62: 9-13
Issue Date	2010-09-00
URL	http://hdl.handle.net/2309/107950
Publisher	東京学芸大学学術情報委員会
Rights	

小学校第6学年における電熱線の発熱実験についての考察

鎌田正裕*・隈元就仁*

理科教育学分野

(2010年5月21日受理)

KAMATA, M. and KUMAMOTO, S.: Considerations on electric heating of resistance wires in grade six. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., **62**: 9-13. (2010) ISSN 1880-4330

Abstract

In new Course of Study for elementary school science revised in 2008, students learn about electric heating in grade 6. They learn that more heat is generated by a thicker wire. Although the learning content and the experiment on electric heating appear simple, many teachers face difficulties especially in the experiments.

In this paper, the difficulties caused by inconsistency in the Course of Study are discussed as well as the technical difficulties in the experiment.

Key words: course of study, elementary school science, students' experiment, electric heating

Department of Science Education, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: 2008年に改訂された小学校学習指導要領(理科)では第6学年で電気の発熱作用を扱い、児童は太い電熱線のほうが発熱量が大きくなることを学習する。電熱に関する学習内容と実験は一見簡単に見えるが、特に実験に困難を感じる教員は少なくない。

本論文では、電熱に関して学習指導要領の整合性の悪さに起因する問題と、実験に関する技術的な問題について考察する。

* 東京学芸大学 (184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1)

1. はじめに

1. 1 新学習指導要領における電熱線の扱い

平成20年改訂の小学校学習指導要領(理科)では、第6学年のA物質とエネルギー(4)電気の利用の中で以下の内容を求めている。

手回し発電機などを使い、電気の利用の仕方を調べ、電気の性質や働きについての考えをもつことができるようにする。

ア 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。

イ 電気は、光、音、熱などに変えることができること。

ウ 電熱線の発熱は、その太さによって変わることをとらえるようにする。

エ 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること。

また、同学習指導要領の解説¹⁾には、ウに関して「電熱線に電流を流すと発熱するが、電熱線の長さを一定にして、電熱線の太さを変えると発熱する程度が変わることをとらえるようにする」と記されている。この内容は、物理学の視点からみれば明らかなことで、その実験も簡単と思われがちである。しかし、現実には既習の内容や中学校における学習内容との整合性、児童実験を行った時の再現性など、いくつかの点において問題を含み、新学習指導要領への移行期における現在、学校現場からは戸惑いの声が聞こえてくる。本論文では、この問題の原因を明らかにすることで、具体的な解決法を探る手がかりを得ることを目指した。

1. 2 過去の学習指導要領における電熱線の扱い

電熱線の発熱作用は、平成元年改訂の学習指導要領で電磁石とともに第6学年で扱われていたが、平成10年改訂の学習指導要領からは削除され、それ以降平成21年まで小学校の理科の中で取り扱われることはなかった(注1)。

もともと、平成元年改訂の学習指導要領における扱いは、電熱線の発熱の仕方が電流の強さによって変わることをとらえさせる程度で、電熱線の形状による発熱の程度までは求められていなかった。新学習指導要領が求めるような、電熱線の形状と発熱の程度について取り扱われたのは、昭和43年改訂の学習指導要領の時であった。この時の学習指導要領では、第5学年のB物質とエネルギーについて次のように記されていた。

(4) 電流による発熱のしかたを理解させる。

ア 同じ質の電熱線では、太さ、長さが変わると電流の量も変わることを。

イ 同じ電熱線では、電流の量が多いほど多く発熱すること。

ウ 発熱した電熱線の色や明るさは、電熱線の温度によって変わることを。

昭和43年改訂の学習指導要領は、学習内容が最も多かったと言われる現代化の時代のもので、電熱線の太さだけでなく長さについても扱っていた。この時期の教科書の紙面を、図1に示す²⁾。



図1 小学校理科教科書5年(昭和46年版)より

図1中の実験①は、ニクロム線を導入するための実験で、この後、ニクロム線の長さや太さと発熱量の関係を調べる実験が展開される。なお、昭和43年の改訂と平成元年の改訂の間には昭和52年の改訂があるが、この時に改訂された学習指導要領では電気の発熱作用は扱われなかった。

2 電熱線の発熱実験

2. 1 問題点

新学習指導要領が求める電熱線の発熱実験については、図2のような実験で扱われるのが一般的なようである³⁾。これに関する問題点は次の2つである。

- ・既習の内容や中学校理科の学習内容との整合性
- ・児童実験の難しさ

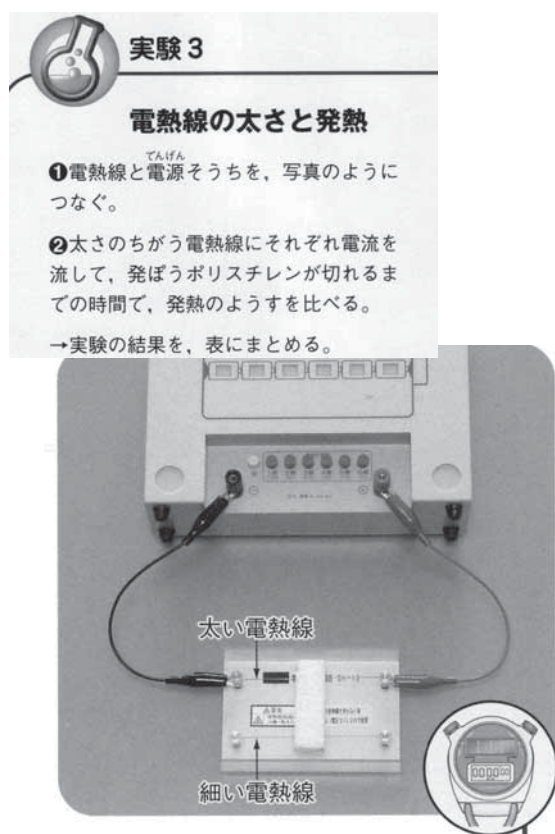


図2 発泡スチロール片を用いた電熱線の発熱実験
(小学校理科6年(平成22年用補助教材)より)

2. 2 既習内容と中学校理科との整合性

小学校の理科には電圧は登場せず、電球の明るさや電磁石の力については、電流の大小と関係付けて取り扱われる。また、第5学年で学習する条件制御では、一つの実験の中で2つ以上の条件を同時に変えないことを学習する。

第5学年で登場する電磁石の扱いを図3に示す。これは、電磁石の強さが、エナメル線の巻き数によって変わることを確かめるための実験であり、巻き数の違う電磁石の力を比べる際には2つの実験で電流の大きさを等しくする必要がある⁴⁾。図3のように余ったエナメル線を切らずに束ねておくことは、電磁石の抵抗値をそろえることで2つの電磁石に流れる電流を同じにするための工夫であり、それまでの学習内容を受け継いでいる。

この視点で考えると、電熱線の形状と発熱量との関係を調べる実験は、2種類の電熱線に同じ大きさの電流を流した時にどちらが強くなるかという観点で学習を進める方が、それまでの学習内容との整合性が高い。

また、中学校で抵抗について学習する際には、電熱線が抵抗体であることを知り、銅線より抵抗の大きな電熱線の方が発熱しやすいことを体験する。したがって、太い(抵抗が小さい)電熱線の方が、細い(抵抗が大きい)電熱線より発熱の程度が大きい、という小学校での学習内容は、中学校の学習内容とあまり整合していない。



図3 電磁石の強さを調べる実験
(小学校理科教科書6年(平成14年版)より)

新学習指導要領で、「同じ大きさの電流を流した際に、太い電熱線よりも細い電熱線の方が発熱量が大きい」ではなく、「同じ電源につないだ際に(同じ大きさの電圧をかけた際に)、太い電熱線のほうが細い電熱線よりも発熱量が大きい」とした経緯については不明であるが^(注2)、後者は、昭和43年改訂の学習指導要領での扱いと同じである。そこで、昭和43年時の状況について少し考察を加えておきたい。

上でも述べたように、この時は、電熱線の太さに加え、電熱線の長さについても扱われていたことに注意が必要である。また、図1に示した教科書で、電熱器が単元の導入に使われているのを見ればわかるように、当時はニクロム線を巻いた電熱器や電気ストーブがまだ活躍をしていた時代である。これらの、電熱器具を取り扱う上での安全上の注意点の一つに、切れたニクロム線を引きのばして使用したり、規格外のニクロム線を使用しないことが挙げられた。すなわち、同じ電圧をかけた時、(家庭用の100Vのコンセントに接続した際)、ニクロム線の長さが規格より短かったり、太いものであると、異常な発熱をして大きな事故につながる可能性があった。そこで、日常生活での留意事項と理科における学習内容との整合性を考えれば、当時の学習指導要領にあるような内容にはそれなりの意味があったと考えられる。

昭和52年版の学習指導要領から電気の発熱作用がなくなってしまう理由は、昭和43年版の内容が小学生に対してあまりに高度であったためか、電熱器やニクロム線式の電気ストーブが子どもの周りからほぼ姿を消

してしまったためかは不明であるが、いずれにしても昭和43年ごろと今とでは、子どもの生活環境が大きく異なることには注意を払う必要がある。

2. 3 発熱実験の難しさ

電熱線の発熱量を調べるために、太い電熱線と細い電熱線をそれぞれ同じ電圧の電源に接続し、電熱線の上に置かれた発泡スチロールが切断されるまでの時間を調べる実験が教科書などで紹介されている(図2)。一見単純で明確な結果が得られそうな実験であるが、実際に行ってみると切断時間に大きな違いが出ないばかりか、細い電熱線の方が早く切断できてしまうこともあり、学校現場に少なからぬ混乱を引き起こしている。

電熱線を用いたスチロールの切断実験に関しては技術上の問題が二つある。一つは、スチロールの切断速度が、電熱線の発熱量に加えて電熱線の径にも依存することであり、もう一つは、多くの学校で以前から使用されている電源装置ではこの実験に必要な電流を賄いきれていないことである。

2. 3. 1 電熱線の切断速度

電熱線は、太さが2倍になれば断面積が4倍になる。そこで、同じ大きさの電圧をかければ流れる電流は4倍となり、発熱量も4倍になる。したがって、スチロールの切断速度もそれに依って大きくなると考えがちであるが、これは誤解である。図4に示したように、電熱線がスチロールを溶かしながら切断する様子を考えると、切断のために溶かさなくてはならない領域が、線径に比例して大きくなるためである。このことは、線径が2倍になれば溶かさなくてはならないスチロールの量も2倍になり、たとえ発熱量が4倍になっても、切断速度は高々2倍程度にしかならないことを意味する。

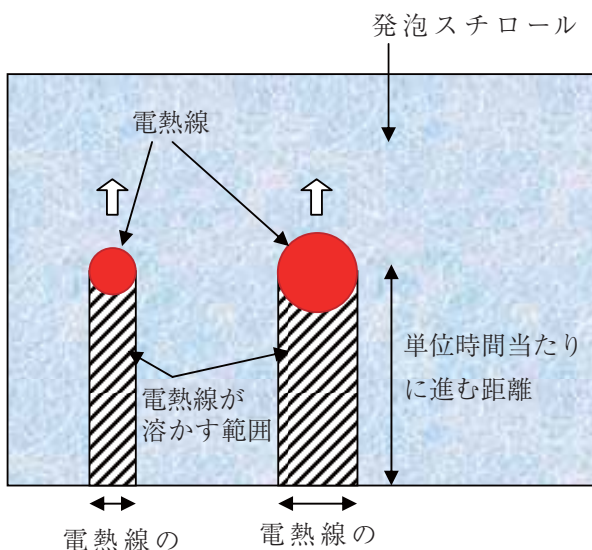


図4 発泡スチロール片中を切り進む電熱線

この様子を、実験で確かめたものが、図5である。同図より、単位長さ当たりの発熱量が等しいときは、線径の太い電熱線のほうが切断に要する時間が長いことがわかる。

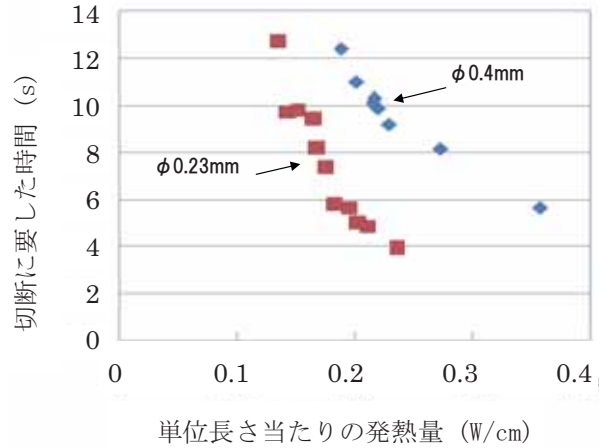


図5 発泡スチロール片の切断実験の結果

図4に示した考え方が厳密に成り立つのであれば、切断時間が等しいとき、各電熱線の発熱量はそれらの表面積の比になっているはずである。ここで示した実験は、図2に示したように小さなスチロール片を電熱線の上に置き、その上におもりを置いて切断時間を測定したものである。この実験については、装置のセッティングやヒーター線の汚れなどによってもデータがバラつき、必ずしも定量的と言えるものではなかったが、比較的発熱量の大きな範囲では、切断時間が等しいとき各電熱線の発熱量がそれらの表面積の比に近くなる傾向が見られた。

2. 3. 2 電源装置の容量

直径0.2mmと0.4mmの電熱線を使って、スチロールの切断実験を行おうとすると、約0.25V/cm程度の電圧を印加する必要がある。この際、太い電熱線には、約2Aの電流が流れる。現在小学校にある電源装置の多くは、定電圧の回路を持っていないため、大きな電流を取り出そうとすると端子間の電圧が下がってしまう。電流値をそろえて行なう電磁石の実験の際には、この電圧降下は問題とならないが、異なる太さの電熱線に同じ大きさの電圧をかける発熱実験では、それぞれの実験で電源装置の電圧が変化してしまうことが大きな障害となってしまう。

発熱実験に使用する電熱線を実際に電源装置(ケニス電源装置(生徒用)S-3型)に接続して、その際の端子間電圧が設定値とどの程度異なるかを調べた結果を表1に示す。

表1 電源装置の設定電圧と端子間電圧

上 $\phi 0.2\text{mm}$ L100mmのニクロム線に接続下 $\phi 0.4\text{mm}$ L100mmのニクロム線に接続

設定値 (V)	端子間電圧 (V)	電流値 (A)
3	2.35	0.62
4.5	3.04	0.81
6	4.12	1.08
7.5	4.98	1.27

設定値 (V)	端子間電圧 (V)	電流値 (A)
3	1.54	1.4
4.5	2.01	1.79
6	2.76	2.46
7.5	3.4	3.03

上表の結果によると、電源装置の設定電圧が3Vの時に実際に電熱線にかけることのできる電圧は、0.2mm径の電熱線では2.35Vで、0.4mmの電熱線では1.54Vまで下がってしまう。この結果、それぞれの発熱量は、1.46Wと2.16Wで、太い電熱線の発熱量は細いものの約1.5倍にしか達しない。

電源装置内の電圧降下が生じない場合(0.4mmの電熱線の発熱量が0.2mmのそれに比べ4倍ある場合)でさえ、2.3.1で述べたように切断速度は高々2倍程度しか期待できない。したがって、表1に示したような大きな電圧降下があると、切断時間にはほとんど差が見られなかったり、逆に細い電熱線の方が短くなると考えられる。

3. まとめ

上で述べてきたように、第6学年で取り扱う電熱線の発熱実験にはいくつかの問題点がある。特に、スチロールなどの切断実験については、電源装置の容量とも関連して、なかなか良好な結果が得られないのが実状である。

各教材会社からは、明確な実験結果が得られるように電熱線の太さやその長さに配慮した実験装置や大容量の電源装置も市販されているので、これらを積極的に活用するのも有効な解決方法である。

いっぽう、昭和43年版の学習指導要領に対応する教科書(図6)を見ると、興味深いことに気づく²⁾。ここでは、2種類の電熱線を並列に電源に接続している。このようにすれば、電源装置の端子間に大きな電圧降下が生じても、2つの電熱線にかかる電圧は常に等しいため、

発熱量の比は電熱線の断面積の比に従い、それなりに差のある結果が期待できる。既存の器具を最大限活用したいとの考えであれば、このような方法を用いるのも有効である。ただし、複数の負荷を一つの電源につないだ回路は学習指導要領の扱いからは逸脱するため、このような実験方法が教科書の本文で紹介されることはなさそうである。



図6 太さの異なるニクロム線の発熱量を調べる実験 (小学校理科教科書5年(昭和46年版)より)

注1) 算数と理科については、平成21年度より新学習指導要領への移行が始まり、電熱についても平成21年度から登場した。

注2) 平成20年改訂の学習指導要領やその解説には、発熱の仕方を調べる際に、同じ電流を流して調べるのか、同じ電圧をかけて調べるのかについて何も記されていないが、検定済みの教科書では、後者に統一されている。

引用文献

- 1) 文部科学省「小学校学習指導要領解説 理科編」p.60大日本図書(東京都)2008
- 2) 小学校理科教科書: 永田義夫ら著「理科5下」pp.68-75啓林館(大阪府)1971
- 3) 平成22年度用補助教材: 大隅良典ら著「わくわく理科6」p.45, 啓林館(大阪府)2010
- 4) 小学校理科教科書: 竹内敬人ら著「理科6年下」, p.37, 啓林館(大阪府)2002