

電気教育は荒廃している

一電圧・抵抗・電流の規則性の重視一

高野 登久

TAKANO Norihisa

[キーワード] 電圧、抵抗、電流、電力、電気の規則性

I. はじめに

昭和44年の学習指導要領改訂の説明会場で「小学校では電圧は難しいので扱わない」とあった。平成20年の改定でもその方針は変わっていない。しかし、電圧が無ければ電流は流れない。電流が流れなければ、電気のすべての現象は起らない。電気の根幹である電圧を扱わないため、電気教育は荒廃しているのである。

2. 電圧は、電気の強さ

電圧は、それほど難しいであろうか。定義では「電流が流れる二点間の電位差」とあり、確かに難しそうであるが、流れなくても電圧は存在する。「強いのが電気」と考えると、電圧は簡単である。電気では、“強い”は“電圧”と同義語である。

学習指導要領は「電圧は扱わない」と言っているが、乾電池の直列つなぎを扱っている。乾電池の直列つなぎは電圧変化である。それを「電流の強さ」で指導するから、子供も、先生も、電圧と電流を勘違いしてしまうのである。“強さ”は“電圧”と同義語である。

その例が、昨年4月に終刊になった「初等理科教育」3月号にあった。

学習指導要領の電熱線の発熱の目標に「電熱線の発熱は、その太さによって変わること」とあるが、これは、線が太いと電流が多く流れ、発熱量が多いと言うことであろう。

執筆者の釜田先生は、これを「電圧一定と電

流一定を混同している。」と評しているが、電圧は指導していないのだから、これは、混同ではなく、乾電池の直列つなぎを電流で指導したために、電圧と電流を勘違いをしたのである。

また、昨年、山口大学で行われた日本理科教育学会中国支部の研究論文「電流の性質を理解させる教材開発」の中に「1個の電池からは、一定の電流がいつも流れていると考えている子どもが多い。」と、佐伯教授が指摘している。この子どもの考えも、直列つなぎを電流で指導したための電圧と電流の勘違いである。

電池で、いつも同じなのは電圧である。電圧を電流で指導するから子どもは、電圧と電流を勘違いするのである。

3. 直列つなぎは電圧変化

乾電池の直列つなぎは、電流でなく、強さ(電圧)で指導した方が、子どもは納得する。次のレポートは、事後に、子どもが書いたレポートの抜粋である。このレポートを見ると、子どもは電圧を、的確に捉えている。直列つなぎを電圧で指導した成果である。

- かん電池で、一れつなぎでは、一つの時より、2倍あかるかったです。二れつなぎにすると、かん電池一つの時と、だいたい同じでした。わけは、でんちを二つ、いちれつなぎにすると、それだけ、電気の力が強くなるからです。
- 一列つなぎと二列つなぎをどっちが明るいかしらべてみました。しらべてみると一

れつつなぎは、一つのかん電池を使った時の2ばい(強さ)でした。そうなったわけをしらべると、かん電池を2こつかうとそれだけ力(強さ)が2ばいになるからです。

- 直列つなぎは、並列つなぎより豆電球が、明るくて、電気の流れが、並列つなぎよりも速くて、電流の大きさが、大きいです。並列つなぎは、直列つなぎより少し暗くて、電流の流れが、直列つなぎよりすこしおそい。(速いおそい=強い弱い)
- ソーラー六枚で直列つなぎをしました。そうしたら、すごく明るくなりました。
- 太陽電池を12こでまめでんきゅう1こでいっせいにスポットライトをあててみるといっしゅんでまめでんきゅうのフィラメントがきれてしまいました。そのときは、すごくあかるかったです。

[解説] 一列つなぎ二列つなぎとは、直列つなぎ、並列つなぎのことである。この方が子ども達の経験上、わかり良いと思った。案の上、指導が難しいと言われている並列つなぎも、それほど指導も必要なかった。一列つなぎは、前の子の後ろ(-)と後ろの子の前(+)をつなぎ、二列つなぎは横の子どうし、+と+を、-と-をつなぎ、これは子ども同士、いつもやっていることである。

また、この指導は、子ども達が、電気を、“強さ”と“量”に分けて考えていることである。

直列つなぎは、電圧変化で、電流は、電圧に比例して変化する現象で、電流変化は、直列つなぎの二次的現象である。それを学習指導要領は、電流変化を、直列つなぎの一時的現象として扱うから、電圧と電流を勘違いするのである。

4. 電圧の指導事例

電圧指導事例Ⅰ. 単一と単三の比較

電圧の指導では、はじめに単一と単三の乾電池の比較から始める。

[発問] 単一と単三は、どちらが強いのか？

この発問に、4年生は「どちらも同じ強さ」と答えた。「どうしてそのことが言えるのか？」と再び問うと、子ども達は「豆電球を点けると同じ明るさだから同じ強さ」と答えた。この手法は、オームが考えた方法と同じである。

子ども達は、豆電球を、単一と単三の乾電池で点灯し、同じ強さであることを確認した。

電圧指導事例Ⅱ. 強くなるつなぎ方

[発問] 乾電池を2個つかって、強くなるつなぎ方を見つけよう。

この場合も、“強さ”のバロメーターは豆電球の明るさである。子ども達はすぐに、強くなるつなぎ方は、一列つなぎ(直列つなぎ)であることを、豆電球の明るさで発見した。

電圧指導事例Ⅲ. 太陽電池の強さ

[発問] 太陽電池の強さを、乾電池の強さと同じにしよう。

ここで使った太陽電池は、単体(1セル)のもので、豆電球を点灯すると、乾電池よりはかなり暗い。市販の光電地は、ここで使った太陽電池を3つに切り、その3つを直列つなぎにしているのだから、光電地は、初めから乾電池と同じ強さになっているから「乾電池と同じ強さにする」は成立しない。次は、事後のレポートの抜粋である。

- 太陽でんち3枚が、かんでんち1個ぶんだということも、自分の実験で見つけ出しました。
- 太陽電池Iまいで豆電球をつけてみました。そうしたらあんまり明るくなりませんでした。そこでぼくは太陽電池3まいにしたら、かん電池Iこぶんの明るさになりました。
- かん電池Iこぶんが太陽電池3こぶんなら、かん電池2こぶんが太陽電池6こぶんなのかなあと思いました。

- 豆電球の明るさは、かん電池が1こと同じ明るさのは太陽電池3枚分ぐらいだった。
- 太陽電池2こでは、1こよりすごく明るくなりました。かんでんちIことくらべると、太陽電池2こではまだかんでんちの方が太陽電池2こより強いことがわかりました。
- 太陽電池を、2こ3こ4こ5ことふやしていきました。太陽電池3こ分で乾電池1この明るさと同じでした。
- 太陽電池3こぐらいつなげて豆電球をつけると、やっと、かん電池1この明るさになりました。
- 太陽電池を6まいをつかったとき、ライトのひかりが一つでもあたらないとつきませんでした。
- 光電池7まいを直列つなぎで豆電球つける時、光電池全部に光が当たってないと豆電球がつかないことがわかりました。
- つぎに太陽電池とかん電池のボルトのおおきさを調べました。豆電球1ことかん電池Iこでやってみました。だいぶ明るかったです。そのつぎにおなじく豆電球1こと太陽電池Iこでやってみました。かん電池でつけたのとくらべると、太陽電池のほうがくらかったです。太陽電池2こでまたやってみると、まだ太陽電池のほうが少し暗いかなあというかんじです。太陽電池3こつかうとやっとかん電池より明るくなりました。ということは太陽電池三つでかん電池Iこぶんということになります。そうするとかん電池Iこ1.5ボルトですから、太陽電池のボルトをもとめるには太陽電池は3つでかん電池と同じくらいになりますから、1.5わる3で、0.5ボルトということになり

ます。

[解説] これらのレポートから分かるように、乾電池の時の直列つなぎを使って、太陽電池の強さを乾電池の強さと同じにしている。文中、ボルトとあるのは電圧のことである。

電気は定量的に扱くと難しくなるが、定性的に扱えば簡単になる。しかも、小学校で電気を定性的に扱くと、子どもは、定量的に考えるものが出てくる。前述のレポートがそれを示している。太陽電池のボルト（電圧）まで計算で出している。

この授業では、人工光（100W、レフランプ）を使った。人工光は、天候に左右されず、光の強さを変えられる。1m以上離せば、日陰になり、曇天や夕方の明るさや月明かりにもなる。また、近づけると、日向の数倍の明るさになる。品理の強弱を変えられるため、いろいろな発見がある。

太陽電池は、光の強弱によって強さが変わると思われているが、太陽電池は、明るさでは強さは変わらない。ためしに、太陽電池に1mでライトを当ててから、近づけ、これ以上明るくならないという所で止めて距離を測り、その位置から更に近づけても豆電球は明るくならない。つまり、ある程度の明るさを過ぎるとそれ以上は明るくならない。この時の電圧を測ると、0.5Vになり、これ以上いくらライトを近づけても電圧は変わらない。

つまり、太陽電池は光を強くしても、電圧は0.5V以上にはならないと言うことである。

次に、2枚の太陽電池の+と+をつなぎ、ついで-と-をつなぎ、+と+の間に高感度の電流計を入れる。ライトを一方の10cm上から照らし、もう一方の太陽電池は、ライトをだんだん離していく。ライトを離すと太陽電池の電圧が下がれば、電流は、離れた方へ

流れるはずである。しかし、いくら離しても電流はどちらへも流れない。ということは、光は弱くなっても電圧は変わらないと言うことである。二つの現象から、太陽電池の電圧は光の強弱に関係なく一定ということが出来る。

太陽電池に弱い光を当てると、豆電球が暗くなったり、点かなくなるのは、発生電圧が低くなるためではなく、電池の内部抵抗が増えるためである。太陽電池の内部抵抗は、光の二乗倍に反比例して多くなる。例えば、光が10分の1になると、内部抵抗は、100倍に増える。

太陽電池を8枚つないで電圧が8倍になったとしても、一枚でも光が当たらないと内部抵抗が100倍以上に増えるのでは、豆電球は点かない。前述のレポートに、一枚でも光が当たらないと豆電球が点かないのは、光の強さに反比例して、内部抵抗が二乗倍になるためである。

太陽電池に光を当てると、光の強弱によって、豆電球が明るくなったり暗くなったり、また、モーターカーが走ったり止まったりするのも、光によって変わるのは、強さではなく、内部抵抗が変わるためである。

5. 電気も線が長いと通りづらい

私は、電気の授業の初めに、7mの細い導線を使って、豆電球を点灯することから始めた。次は、その指導事例である。

指導事例そのI [課題]「7mの導線で豆電球を点けると、明るさは？」

点灯する前の予想では、4年生の大部分は「変わらない」であった。前に、導線は通るものとして扱ったためと思われる。

点灯すると、暗くなることから「電気も長いと疲れる」「電気も長いと通りづらい」「長いとじゃまものが多くなる」。この経験により、導

線は、ただ電気が通るだけでなく、通りづらいこともあることに気付く。

更に、子ども達は、「もっと長ければもっと暗くなるかな」「もっともって長ければ豆電球は点かないだろうが、その時電機は流れているだろうか」と探究心は限りない。そこで、電流計を示し「これを使うと線の中を電気が通っているか分かるよ」と、電流計を示し、使い方を指導する。

この活動で、電気は線が長いと通りづらいこと、電流は抵抗と反比例すること、豆電球が点かなくても電気は流れていることを発見する。

指導事例その2 [課題] 明るいのはフィラメントの長い方？、短い方？

初めに、フィラメントの長さの違う二つの豆電球を点灯し、明るさの違いを確認する。

次に二つの豆電球を配り、違いを見つける。次いで、どちらが明るいかを問う。大部分の子供たちは「長い方」と答えた。理由は「光部分が多いから」であった。この考えは、半分は当たっている。(明るさは抵抗に比例)。

点灯すると短い方が明るいことから「やっぱり短いと電流がよく通る。」。この場合も、子ども達は、現象を、電流と抵抗で考えている。教師が間違った指導をしなければ子どもは賢いから、このように、現象と回路の状況を結んで考える。子どもが「なぜ」と迷うのは、多くは教師が指導を間違えたためである。

6. おわりに

学習指導要領は、理に走って本質が分かっていない、電磁石の強さの指導では決まった長さの線を、一つは全部巻き、一つは半分余らせて、磁力と巻き数の違いで比較しているが、余らせた部分にも磁力は出ている。線に電気を通すと磁力が発生することは、電磁石の基本である。

電気は、単に、見かけの状態の規則性ではなく、電気の本質的な規則性を扱う必要がある。