

乾電池の接続から考えるキルヒホッフの第2法則

武義高等学校 吉川 敏幸

1 研究のねらい

電気回路を理解するうえで重要な法則の一つがキルヒホッフの法則である。電流の関係を示す第1法則は理解しやすいものの、「任意の閉回路において起電力の和は電圧降下の和に等しい」とされる第2法則は、電池が2つ以上の場合そのまま数式に当てはめようとするとうすればいいのかのわかりにくい場合がある。そこで簡単な回路をもとに適用方法を検討することとした。

2 実践した内容

キルヒホッフの法則（第2法則）を理解するために、乾電池3つと電球（あるいは電圧計）を使用して電球の明るさや電圧を調べる。

- (1) 乾電池3個をすべて同じ向きに接続する。（図1）
- (2) 乾電池3個のうち、1個を逆向きに接続する。（図2）

このときの電球の明るさを生徒に予想させる。

- 予想
- (ア) 点灯しない
 - (イ) 点灯する（3個のときと同じ明るさ）
 - (ウ) 点灯するが暗い（1個のときの明るさ）

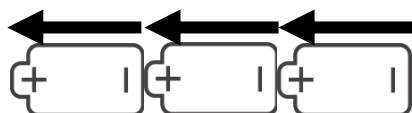


図1

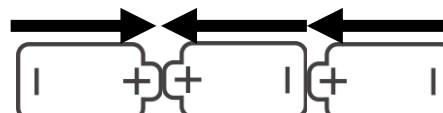
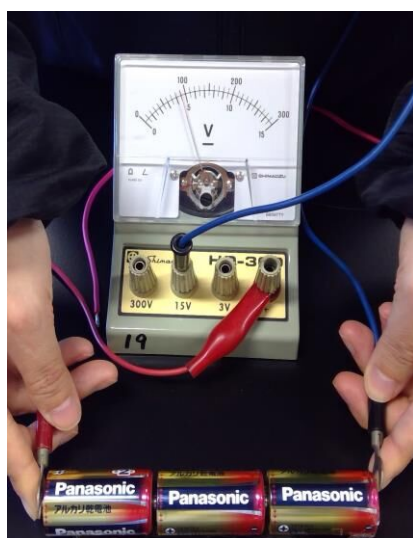
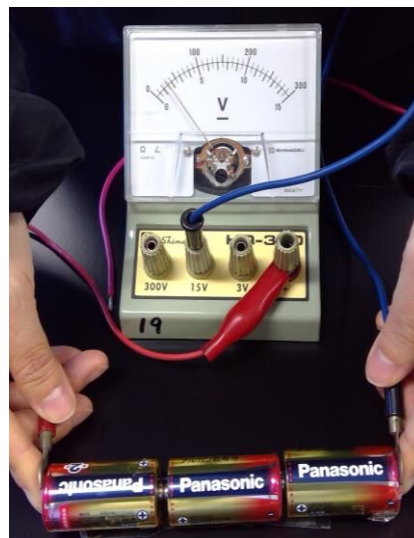


図2

実験して確認する。図1のときは電球は明るく点灯し、電池3個分の電圧は4.5Vを示す。図2のときは図1のときほどの明るさはなく、電池1個の場合の明るさと同程度である。またこのときの電圧は1.5Vを示す（図3）。この理由を説明するために「電位が低い側から高い側に向かって書く」というルールでかいた矢印を使った。これによって電池が逆向きに接続されることは、順方向の電圧と逆方向の電圧とで打ち消されていることがイメージできる。そのため図2のときは乾電池1個分の電圧が示されることが理解できる。



(a) 図1の配列での電圧



(b) 図2の配列での電圧

図3 電池3個の電圧（レンジはともに15V）

(3) この矢印を回路に当てはめて考える。電流は電位の高い側から電位の低い側に流れるため、抵抗にかかる電圧（電圧降下）の矢印の向きは抵抗に流れる電流の向きとは逆向きとなる。また電圧の矢印は高さをイメージできるため、電圧の矢印が一周する向きと逆向きになるということは、そのように移動する際に高さが低くなるということである。このことは閉回路を一周して電圧の和を考える場合に負号が必要になることを意味する。以上を整理すれば、キルヒホッフの第2法則は「任意の閉回路を1周するとき、向きを考えた電圧の合計は0となる」と表すことができる。

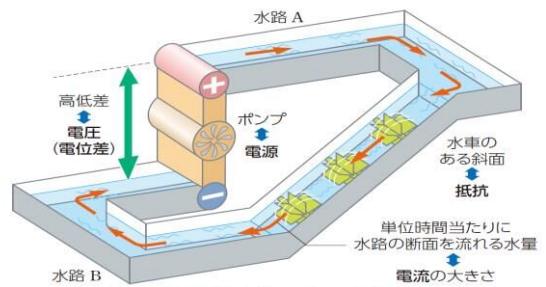


図40 電気回路と電流・電圧の概念
 図4 電圧を高さとした例
 総合物理²（数研出版）より

(4) キルヒホッフの法則（第2法則）の扱いに必要な回路にこのやり方を適用した例を図5に示す。

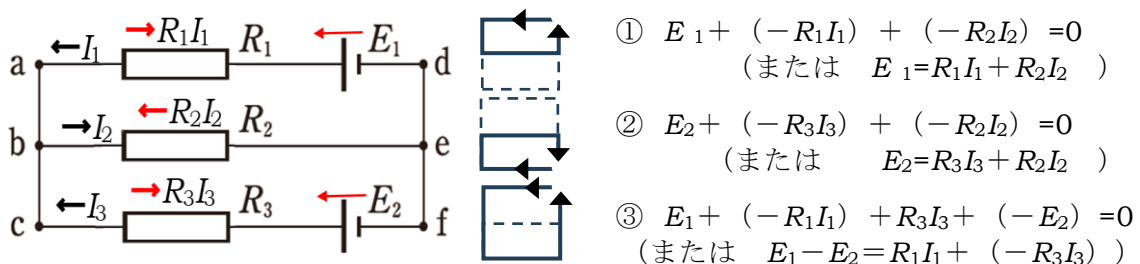


図5 回路とキルヒホッフ第2法則の適用例（赤い矢印が電圧の矢印）

3 実践中および実践後の生徒の変容

図2での予想は、多くの生徒が（ア）を選択する。電池を逆につなぐと電流は流れないと考えているようだ。しかし実際に実験をしてみると電池が逆向きになっている図2の状態でも電流が流れ、電球はそれほど明るくないことがわかる。生徒にその理由を考えさせると、やがて電池が逆向きであることで電圧の一部が打ち消されるためと説明する生徒が現れる。

「任意の閉回路において起電力の和は電圧降下の和に等しい」という関係は、図5に当てはめようとすると複雑になる。「任意の閉回路」を図5の一番大きく一周する回路に当てはめると③式のようなになるがなぜ電池の電圧や抵抗での電圧降下に負号がつくのか理解しづらい。しかし電圧の向きを意識することで負号の意味が理解できる。電圧の矢印はこれらを視覚的に理解するために効果的であった。

4 研究のまとめ

キルヒホッフの法則は電気回路を考えるうえで重要な法則の一つである。理論だけでなく、実際の回路を用いたり、今回の電圧の矢印のように視覚化したりすることで法則の意味や使用方法の理解を深めることができた。この手法はコンデンサを含む回路や交流回路でも利用できるため、うまく応用し生徒が学習を進めるうえで理解を深められるよう活用したい。