

コンデンサーを用いた落雷の現象のシミュレーション

1年2組 荒谷 惟仁 1年2組 猪野 悠太
1年2組 上口 涼平 1年2組 高野 宏紀
1年2組 谷平 智紀
指導者 田中 善久

1 課題設定の理由

落雷の被害を防ぐために校舎の屋上には避雷針がある。雷雲と大地の間には高電圧が生じると、負に帯電した雷雲から避雷針に向かって落雷が生じることがある。同様に、パンデグラフの帯電した金属球体に別の放電用の金属球体を近づけると、稲妻のような輝線が空気中を走るのが見える。私たちは、落雷の被害を防ぐためには、抵抗値の大きな空気中を伝わる電子の動きを理解したいと思い、実験上の安全を重視すると、コンデンサーの放電の実験を行って考察することで、落雷の現象をシミュレーションすることができる考えた。

2 仮説

一定の電圧を加えて充電したコンデンサー（負に帯電した極板を雷雲に、正に帯電した極板を大地に見立てる）に抵抗（空気に見立てる）をつないで放電する。抵抗がどのような値でも同じ電気量の電子を放出する。また、抵抗の抵抗値が小さいと、一定時間に放出する電気量（＝抵抗を流れる電流の強さ）が大きくなる。

3 実験・研究の方法

図1のように、電気容量1Fのコンデンサーに電圧3.0Vを加えて充電する。次に、図2のように、充電が完了したコンデンサーに抵抗を接続して放電を始める。その抵抗の抵抗値を、20 Ω 、40 Ω 、60 Ω 、80 Ω 、100 Ω とした場合、それぞれについて、放電時間 t [s] とその抵抗に加わる電圧 V [V] を測定する。



図1 充電時のコンデンサー

4 結果と考察

(1) 結果

図3より、接続する抵抗の抵抗値が大きいほどコンデンサーではゆっくり放電が起こっていることが分かる。

図3を用いて、オームの法則により、放電時間 t [s] における抵抗に加わる電圧 V [V] を、そのときの抵抗の抵抗値で割ると、抵抗を流れる電流の強さ I [A] を求めることができる。

図4より、放電が始まった直後から50sを過ぎるころまでは、抵抗の抵抗値が小さい場合ほど、抵抗に流れる電流の強さが大きく、急激な減少が見られる。しかし、約70 s以降は、抵抗の抵抗値にあまり依存せず、電流の強さが小さく、緩やかに減少していく。図4において、一般的に、電流の強さの単位Aは、 $A=C/s$ （クーロン/秒）という意味であり、 $I-t$ グラフの面積の単位は、 $C/s \times s=C$ と表すことができ、放電された電気量を求めることができる。

図5は、コンデンサーから放電された電気量 Q [C] と抵抗の抵抗値 R [Ω] の関係である。図5より、抵抗値20 Ω の抵抗を接続したときに、放電された電気量は最大であり、抵抗の抵抗値が大きくなるほど、放電された電気量が小さくなる。

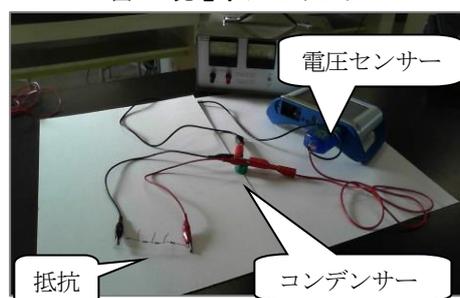


図2 放電時のコンデンサー

(2) 考察

コンデンサーは充電されたのち、抵抗と接続されることによって放電が行われる。雷雲は水滴どうしの摩擦により帯電が起こり、雷雲にある程度の電気量が蓄えられると、落雷として、その電気を放出する。この二つの現象には類似点があると考え、実験に取り組んだ。雷雲と地表の間の空気を、コンデンサー回路における抵抗と見なした。図5より、接続する抵抗の抵抗値が小さいほど、コンデンサーから放電されるすべての電気量は大きくなるという結果から、雷雲と地表の間の空気の抵抗値が小さいほど雷として放出するエネルギーは大きいと考える。また、図4より、抵抗の抵抗値が小さいと、また、一定時間に放出する電気量が大きいと、電流は一気に流れると考える。そこから、雷が一瞬にして落ちる理由は、雷として膨大な電気量が放たれるからであると説明ができる。

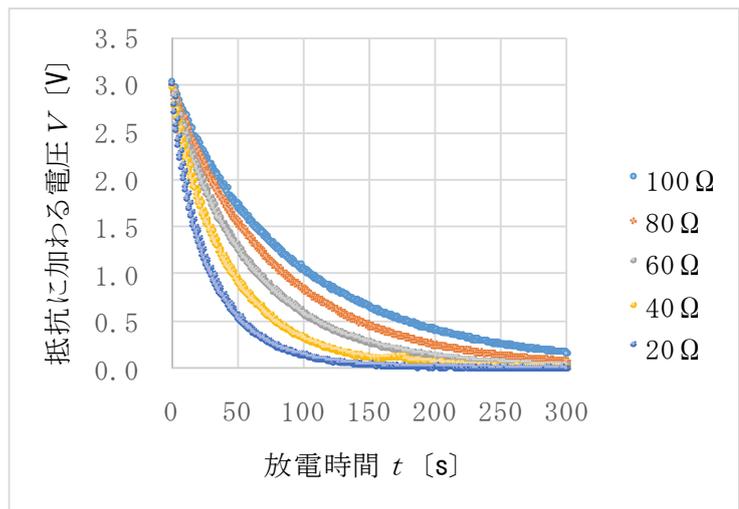


図3 V-tグラフ

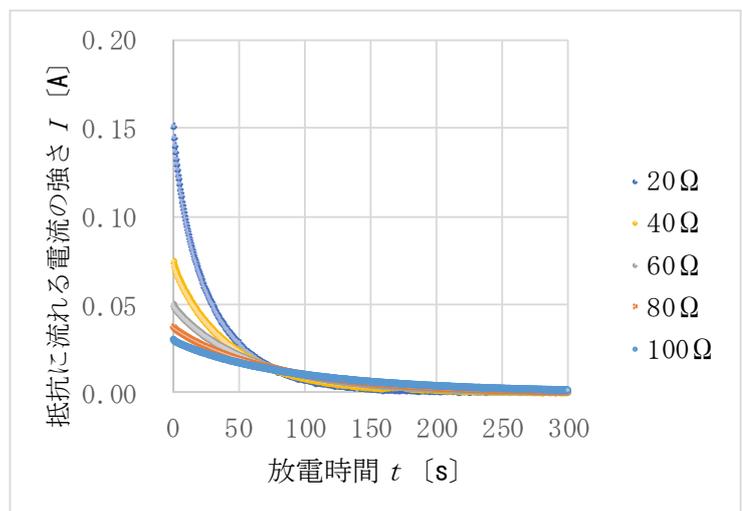


図4 I-tグラフ

5 まとめと今後の課題

一定の電圧が加えて充電したコンデンサーに抵抗をつないで放電するとき、抵抗の抵抗値が小さいほど、放出されるすべての電気量は大きくなり、また、一定時間に放出する電気量(=抵抗を流れる電流の強さ)が大きく、それは急激に減少する。

知らなかった現象を解明するのは初めての経験であった。当初の目的以外の発見もできた。しかし、実験においてはもっと正確な値を測ることができたということが実験後に気付いた。次回からはその点を改めてよりよい実験結果を得られるようにしたい。

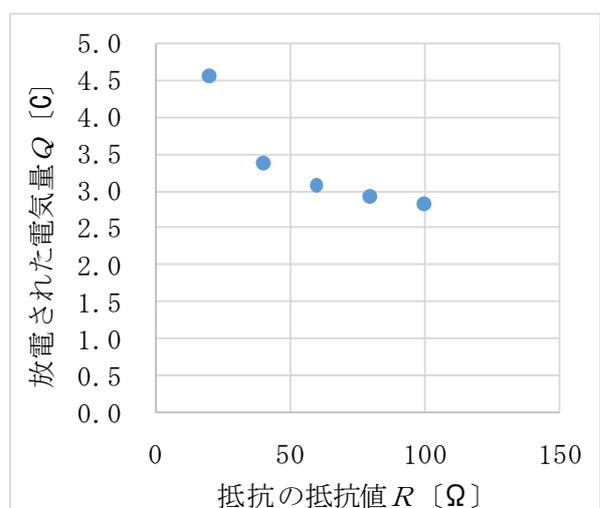


図5 Q-Rグラフ

参考文献

特になし