

電球の探究

1年C組 清家 悠大

1年C組 中谷 駿介

指導教員 米田 隆恒

1. 要約

LED（発光ダイオード）や蛍光灯などの電球が近年目覚ましく発展している。私たちは一般的に製造されている電球よりもさらに優れた電球を開発したいと考えた。そこで今回、新しい電球の開発の初歩的実験を行うことにした。

キーワード 発光、フィラメント、放電、発光時の温度

2. 研究の背景と目的

近年、LEDや蛍光灯などの電球類が目覚ましい発展を遂げている。しかし、私たちはそのような電球に、以下の議論すべき点があるのではないかと考えた。

- (1) ガラスがなくても、通常通りに光ることができる電球を作るにはどのような工夫を加えれば良いか
- (2) 発光時に出る発熱をできる限り抑えることはできないか
- (3) 極限の場所でフィラメントを光らせるにはどのような工夫を行えば良いか
- (4) 少ない電力で、従来の電球より明るく光らせることができないか
- (5) 安価に製造できないか
- (6) 長持ちさせるにはどのような工夫を加えればよいか。

そして、私たちは、6つの改善点を克服して、現在のLED電球や蛍光灯等に勝る電球を作って、一般家庭にも普及すればよいと考えている。そこで今回は、新しい電

球の開発の第一段階として電球の性質を詳しく調べる実験を行った。

3. 研究内容

<研究概要>

実験Ⅰ：フィラメントがむき出しの豆電球と、通常の豆電球の電流と電圧の関係を比べる

実験Ⅱ：自作の豆電球を作り、電流と電圧と温度の関係を調べる

実験Ⅲ：水中に白熱電球のフィラメントを浸け電流を流して光らせる

実験Ⅳ：約1万ボルトで外部からフィラメントに直接放電させ豆電球が光るか確かめる

実験Ⅴ：豆電球のフィラメントに直接高電圧をかけると同時に、フィラメントに電流を流し、フィラメントがむき出しの豆電球と通常の豆電球の電流と電圧の関係を調べる

実験Ⅵ：LED電球の発光時のスペクトルの特性について調べる

実験Ⅶ：紫外線を発するLEDが本当に紫外

線を放出しているかを調べる

実験 I

<研究動機>

(1) について考察したい。また、ガラスのない電球がどのように光るのか観察してみたい。

<仮説>

一瞬、通常通りに光ってすぐに消え、フィラメントが切れる

<材料>

- ・耐電圧 6.3V の豆電球 2 つ (フィラメントがむき出しの豆電球①(図 1) と、通常の豆電球②)
- ・みのむしクリップの導線 7 本
- ・電源装置 ・電流計 ・電圧計

<実験方法>

図 2 の回路図の通りに配置して、電源装置からの電圧を 0.1V ずつ上昇させて、電流の変化を調べる。



図 1

<結果>

- ・通常の豆電球②は 10V を超えても光り続けた。
- ・フィラメントがむき出しの豆電球①は 2.3V でフィラメントが燃えた。

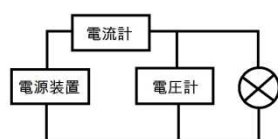


図 2

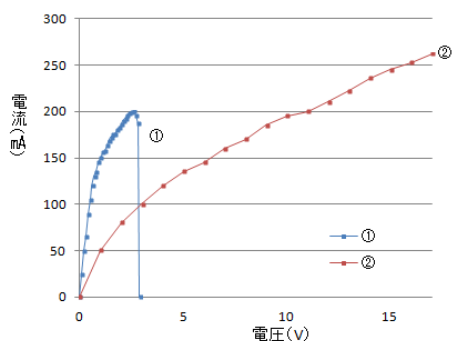


図 3 実験 I の結果

<考察>

- ・フィラメントの金属が空気中では非常に明るく燃えるということがわかった。
- ・フィラメントがむき出しの豆電球①は通常のものよりも低い電圧で明るくなるが、低い電圧でフィラメントが切れるので、結果的には通常のものの方が明るく光ることができるということがわかった。
- ・通常の豆電球②が耐電圧を超えても光った。

実験 II

<研究動機>

自分たちでも電球を作れるということを確認したい。また、電流と温度の関係を理解しておく、(2) の改良に有効だと考えた。

<仮説>

電流と電圧、電圧と温度のグラフは共に比例のグラフとなる。

<材料>

- ・みのむしクリップの導線 7 本 ・電流計
- ・電圧計 ・熱電対温度計 ・電源装置
- ・図 4 のような自作の豆電球



図 4

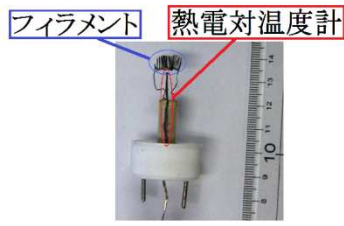


図 5

ガラスのない自作の電球

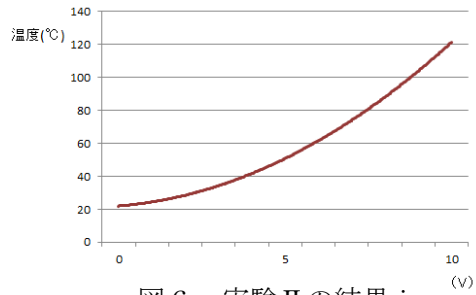


図 6 実験Ⅱの結果 i

<実験方法>

実験Ⅰの回路図の豆電球の部分を実作の豆電球に取り換え、1V ずつ電圧を上げていき、温度と発光の強さを確認する。温度計は図5の通り、フィラメントの中心付近(フィラメントに触れない場所)に置き、フィラメント付近の温度を測定する。

<結果>

- 電圧を上げるに従い、温度が徐々に上昇していく。
- フィラメントは 7V あたりで発光した。
- 電圧と電流は比例のグラフで近似できる。

<考察>

- 図7より電圧と電流は比例するが、図6より、電圧と温度は比例しない。これより仮説の電圧と電流が比例することは正しいが、電圧と温度は比例しないことがわかる。
- 温度と電圧の関係は、Excel で近似曲線を描くと 2 次式で近似できる。
- 電流と温度の増え方はグラフを見ると、異なっている。このことについて調べる必要がある。

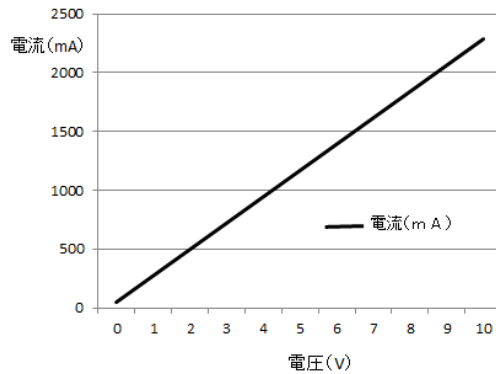


図 7 実験Ⅱの結果 ii

実験Ⅲ

<研究動機>

- 極限の場所でも光らせることができるかということを研究するため、今回は、水中で行うと今後の研究にも利用できるのではないかと考えたから。

<仮説>

水中ではフィラメントは光らない。

<材料>

- 水を張ったビーカー
- フィラメントがむき出しの 60W 白熱電球
- 電源装置 ・みのむしクリップの導線

<実験方法>

図8のように白熱電球のフィラメント部分をビーカーの水に浸し 10V ずつ電圧を上

げていき、フィラメントの様子を観察する。



図 8

<結果>

- ・ 20V あたりからベルのような音が鳴り出し、電圧を上げるに伴って音が大きくなっていった。
- ・ 80V あたりで一瞬燃えるように光り、フィラメントが切れた。

<考察>

- ・ 80V あたりで光ったが、一瞬だったので仮説はほぼ正しい。
- ・ なぜベルのような音が鳴ったのかはわからない。
- ・ 水は温度が上がりにくいいため、フィラメントは光らない。

実験Ⅳ

<研究動機>

- ・ 動画サイトでコンセントを使って豆電球を光らしていったので、約 1 万 V でも光ると考えたから。

<仮説>

一瞬 非常に明るく光って、フィラメントが切れる。

<材料>

- ・ フィラメントがむき出しの豆電球

- ・ スタンド
- ・ DCDC コンバーター(高電圧をかける装置)

<実験方法>

図 9 のように豆電球のフィラメントの近くに DCDC コンバーターの電極を近づけてフィラメントに向かって放電させる。



図 9

<結果>

- ・ フィラメント自体は光らなかったが放電した電気自体は光った。
- ・ むき出しの豆電球では、フィラメントに向かって放電が起こったが、フィラメントは光らなかった。

<考察>

仮説とは違い、フィラメントは光らなかった。しかし、放電自体は光っていたので新しい豆電球に利用したい。

実験Ⅴ

<実験動機>

実験Ⅳではフィラメントに高電圧のみかけていたが、電源装置からも電流を流すと実験Ⅳと比べて違いがあると考えたから。

<仮説>

高電圧をかけるものと、かけないものの電流と電圧の関係に違いはない。

<材料>

- ・ フィラメントがむき出しの豆電球 2 つ

- ・ DCDC コンバーター ・ 電源装置
- ・ みのむしクリップの導線

<実験方法>

一方の豆電球は実験 I と同様に電流を流し、もう一方の豆電球はフィラメントに高電圧をかけつつ、電流を流す。また、電圧を 0.1V ずつ上昇させていく。

<結果>

- ・ どちらも 2V 程度でフィラメントが切れてしまった。
- ・ 高電圧をかけた方が電流は強くなった。

<考察>

- ・ 高電圧をかけた方が、電流が強く流れたため、仮説は間違っていた。
- ・ 高電圧をかけると電流が強く流れ、明るく光るとい性質を今後、利用できないか考えたい。

実験VI

<実験動機>

豆電球のみならず、その他の発光体についても調べた。

<仮説>

光る色が違っていても LED を光らせるための電圧はすべて同じである。

<材料>

- ・ 電源装置
- ・ テスター(電圧・電流の測定も可能)
- ・ ボリューム抵抗器
- ・ 分光器
- ・ ワニ口クリップ

- ・ 黄色に光る LED (VF1.8~2.4V)
- ・ 白色に光る LED (VF3.8~4.2V)
- ・ 青色に光る LED (VF3.8~4.2V)
- ・ 赤色に光る LED (VF2.4~2.8V)
- ・ 緑色に光る LED (VF3.8~4.2V)
- ・ ガラスの表面が橙色の LED (VF 不明)
- ・ 紫外線と発生する LED (VF 不明)
- ・ 赤外線を発生する LED (VF 不明)

<実験方法>

図 10 のような回路図を用いる。LED が光り始めたときの電圧を測定する。また、豆電球が光り始めたら分光器で見て、スペクトルを観察する。また、VF と光り始めたときの電圧を比較する。

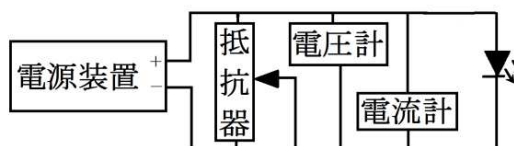


図 10

<結果>

- ・ 分光器で見ると、赤外線を発する以外の LED は分光器でも肉眼で発光しているのが確認できた。
- ・ VF と光り始めた電圧には関係がない。
- ・ 紫外線を発生させる LED は、紫色に光っているが、紫外線を発しているかどうかはわからない。

<考察>

- ・ LED が光り始める電圧は光る色によって変わる。
- ・ 白色に光る LED のスペクトルは全体が均等に光っていた。

名前	VF(V)	光った時の電圧(V)	分光器で見たときの色
黄色に光るLED	1.8~2.4	1.628	
白色に光るLED	3.8~4.2	2.580	
青色に光るLED	3.8~4.2	2.358	
赤色に光るLED	2.4~2.8	1.571	
緑色に光るLED	3.8~4.2	2.463	
表面が橙色のLED	不明	1.567	
紫外線を発生するLED	不明	2.706	
赤外線を発生するLED	不明	0.869	

- ・紫外線や赤外線が本当に発生しているのかはわからない。だから、調べる必要があると考えられる。
- ・赤外線を発生するLEDは見えないため、スペクトルについては結果がわからない。
- ・白色のLEDのスペクトルは6色で虹のように均等に並んでいる。
- ・実験Ⅲより、自作の電球が7Vで光り始めたのに対しLEDは2V前後で光っているものが多いため、LEDの方がエコである。
- ・光の波長が短い方が光ることのできる電圧が高い。

実験Ⅶ

<研究動機>

実験Ⅵより、紫外線を発生するLEDは本当に紫外線を出しているのか調べた。

<仮説>

一応、紫外線を発しているが、極めて微量である。

<材料>

- ・紫外線を発するLED
- ・ボリューム抵抗器
- ・テスター（電流・電圧の測定も可能）
- ・電源装置
- ・みの虫クリップ3本
- ・紫外線チェックカード（紫外線に反応すると紫色に変色する。）

<方法>

実験Ⅵの回路図のLEDの部分に紫外線を発するLEDを置き換え、LEDを光らせる。そして、暗室にして光っているLEDの近くに紫外線チェックカードを近づけ、カードの色の変化を見る。

<結果>

図12のように、LEDを近づけたカードの部分が白色から非常に濃い茶色に変化する。



図 12

<考察>

- ・紫外線を発する LED からは本当に紫外線がとても発生していた。

4. まとめと今後の課題・展望

<まとめ>

実験Ⅰからわかること

- ・フィラメントの金属が空気中で非常に明るく燃えるということがわかった。
- ・フィラメントがむき出しの豆電球は通常の豆電球よりも低い電圧で明るくなるが、低い電圧でフィラメントが切れるので、結果的には通常の豆電球の方が明るく光ることができるということがわかった。
- ・通常のもは耐電圧を超えても光った。

実験Ⅱからわかること

- ・グラフより電圧と電流は比例することがわかるが、電圧と温度は比例しないことがわかった。
- ・Excel で近似曲線を描くと、温度と電圧の関係は2次の多項式で近似できることがグラフからわかった。
- ・電流と温度の増え方はグラフを見ると、異なっている。このことについて調べる必要があると考えられる。

実験Ⅲからわかること

- ・80V あたりで一瞬だったが光った。
- ・なぜベルのような音が鳴ったのかわから

ない。

- ・水は温度が上がりにくいいため、フィラメントは光らない。

実験Ⅳからわかること

- ・放電だけではフィラメントは光らなかった。しかし、放電自体は光っていたので新しい電球に利用したい。

実験Ⅴからわかること

- ・高電圧をかけた方の電流が強く流れた。
- ・高電圧をかけると電流が強く流れ、明るく光るとい性質を今後、利用できないか考えたい。

実験Ⅵからわかること

- ・LED が光る電圧は色によって変わる。
- ・光の波長が短い方が光り始めるときの電圧が高い。
- ・紫外線や赤外線が本当に発生しているかどうかわからないので、調べる必要があると考えた。
- ・白色の LED のスペクトルは6色で虹のように均等に並んでいる。
- ・赤外線を発生する LED は光が見えないため、スペクトル、 λ 、 ν の結果がわからない。
- ・実験Ⅲより、自作の電球が7V で光り始めたのに対し、LED は2V 前後で光っているものが多いため、LED の方がエコである。

実験Ⅶからわかること

- ・紫外線を発する LED からは紫外線がとても発生していた。

<今後の課題>

最終的には当初の目的であった、従来のものより優れた電球を作りたいがそのためにはいろいろな課題が残っているので、こ

れからは以下の課題達成を考えている。

- ・実験Ⅰでのガラス部分の役割が何なのかを知りたい。
- ・実験Ⅰで電流と電圧の関係が $\sqrt{\quad}$ で近似できたのでグラフを $\sqrt{\quad}$ で近似できる理由を知りたい。
- ・実験で通常の豆電球が耐電圧 6.3V を超えても光り続けた理由を知りたい。
- ・実験Ⅱのグラフ i で二次の多項式が出てきたので、二次の多項式について数学で理解していきたい。
- ・実験Ⅱのグラフ ii で電流と電圧が比例した理由を知りたい。
- ・電流と温度の増え方が一定ではない理由を知りたい。
- ・実験Ⅲで 10V あたりからベルのような音が鳴り始めた理由を知りたい。
- ・実験Ⅲにて 80V あたりでいきなり燃えるように光った理由を知りたい。
- ・実験Ⅳで放電が光った理由を知りたい。
- ・実験Ⅴで高電圧がフィラメントに流れて明るく光るといった性質がなぜ起こるのかを知りたい。
- ・実験Ⅵにて LED の波長が短い方が光り始める電圧が高い理由を知りたい。
- ・実験Ⅵから赤外線を発する LED が本当に赤外線を発しているのか調べたい。
- ・実験Ⅶより紫外線を発する LED の電圧と光の強さの関係を知りたい。

<今後の展望>

上記の今後の課題を達成していき、従来の電球より優れた電球を形にする。また、実験Ⅳですでてきた放電についても研究していきたい。

6. 謝辞

今回のサイエンス研究会物理班の活動において、顧問の米田先生をはじめ、多くの先生方、先輩方から多大なご指導やご協力をいただきました。この場で深く感謝申し上げます。