

オーロラ再現装置の研究

～正確なオーロラの再現に向けて～

奈良県立奈良高等学校

SSP 理数

2年9組 五枝 孝太郎

西野 圭音

山田 健人

脇田 莉歩

指導教諭 古谷 昌広

1 要約

オーロラとは、太陽から吹き出すプラズマの流れである太陽風によって引き起こされる発光現象である。太陽風は地球の磁界に沿って流れ込み、極で発光現象が起こる。我々は実験室においてこの現象を再現し、オーロラの発生を試みた。しかし、極に発光現象を確認することはできなかった。そこで、様々な条件を変えて実験を繰り返し、その理由を推測した。

ABSTRACT

The aurora is the luminous phenomenon caused by the solar wind which is the plasma flow blown out of the sun. The solar wind flows in along the magnetic field of the earth, so that the luminous phenomenon is occurred at the poles. We tried generating the aurora by reproducing this phenomenon in the laboratory. However, we couldn't observe this luminous phenomenon at the positions of the poles. Therefore, experiments with various conditions were conducted to investigate the reason.

キーワード：オーロラ、磁界、真空度、真空放電

Key words: Aurora、Magnetic field、Degree of vacuum、Vacuum discharge

2 緒言

オーロラとは、図 1 に示すように、太陽から吹き出すプラズマの流れである太陽風によって引き起こされる発光現象である。太陽風は地球の磁界に沿って流れ込み、極で発光現象が起こる。

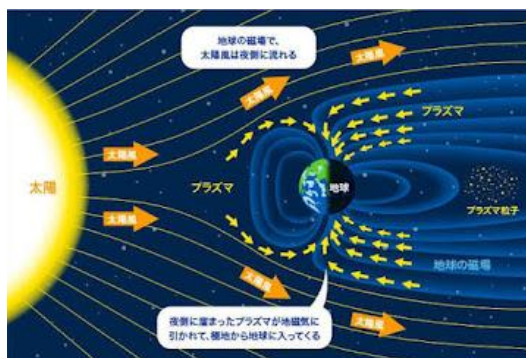


図 1：オーロラの発光原理の模式図

<https://www.nordic.co.jp/pages/aurora/>

オーロラの再現実験については、古くから取り組まれており、家庭で行えるような簡易的なものから、博物館に展示されるような大規模なものまで様々なものが知られている。再現実験では、極の位置で発光現象を引き起こすことは難しく、正確なオーロラを作り出すことは困難であった。先行研究によると、オーロラ再現装置には金属製の模擬地球が用いられていた⁽¹⁾⁽²⁾。

我々も図 1 を参考にオーロラの再現を試みた。具体的には、以下の実験方法に従い図 2 のような装置を作製して実験を行った。

<オーロラ再現実験>

① 実験器具・装置

・真空デシケーター (アズワン社製、Cat : RVD-300)

- ・誘導コイル（島津理科器機社製、Cat：IKS-100N）
- ・真空ポンプ（佐藤真空社製、Cat：TSW-50N）
- ・真空計（アズワン社製）※¹
- ・ネオジウム磁石（KLM、角形：20×10×3mm）
- ・剣山（株式会社大創産業）
- ・茶こし（株式会社セリア）（金属製）

※1：真空計とは、大気圧(約 0.1MPa)を 0MPa として、どの程度圧力が減少したかを示す測定器のことである。

②実験操作

図 2 に示すように、真空デシケーター内に電極を配置した。茶こしを 2 つ合わせて、内部にネオジウム磁石を 10 枚入れ模擬地球とした。

真空デシケーターを閉じた後、真空ポンプを作動させて減圧した。そして、真空計が-0.070MPa を示したときに、誘導コイルのスイッチを入れた。

<オーロラ再現装置>

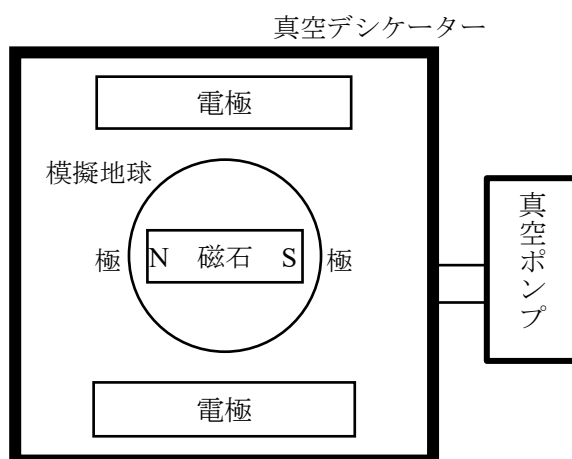


図 2：オーロラ再現装置の模式図

③実験結果・考察

図 3 に示すように、発光現象の観測には成功した。しかしながら、発光は電極に近い位置に出現し、極には出現しなかつ

た。この発光は真空放電であり、電極から放出された電子によって引き起こされている。真空計の値が-0.090MPa を下回ると電子線の輪郭がぼやけ始め、-0.099MPa で完全に見えなくなった。

したがって、図 1 のようなオーロラと呼ばれる現象は再現できていないと考えられる。

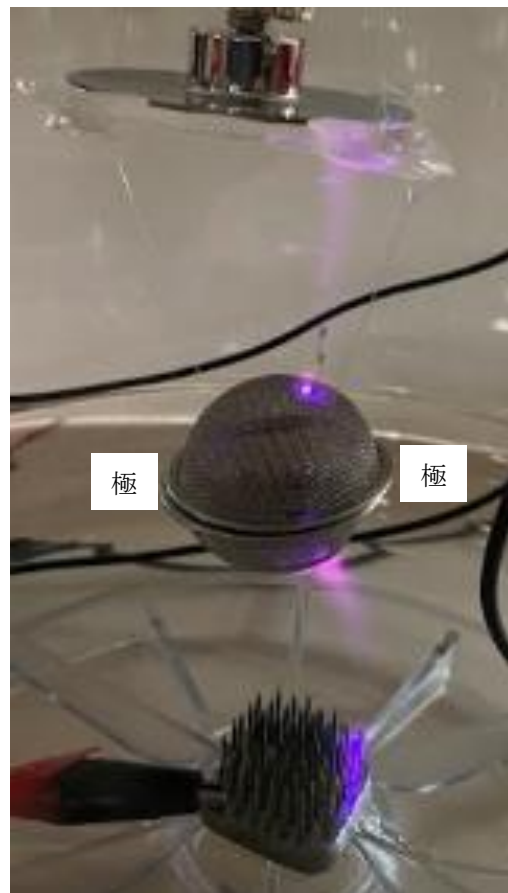


図 3：真空放電の様子

3 目的

本研究の目的は、上記実験結果に鑑み、オーロラの再現実験において極の位置に発光現象が見られない理由を明らかにすることである。

4 研究内容

4.1 実験 I

4.1.1 目的

発光現象が極の位置に見られなかった理由は、放電時に磁界がうまくはたらか

ず、電極から放出された電子が磁界の影響を受けていなかったからであると考えた。この仮説を検証するために、電子が磁界の影響を受けているか否かを調べた。

4.1.2 方法

図2の実験装置から磁石を取り出した。その後、上記「オーロラ再現実験」と同様の操作を行い、発光現象が起こる位置の変化を調べた。

4.1.3 結果

実験結果を図4に示す。図3の実験と比較して、発光の位置は変わらなかった。その他にも変化したことはなかった。

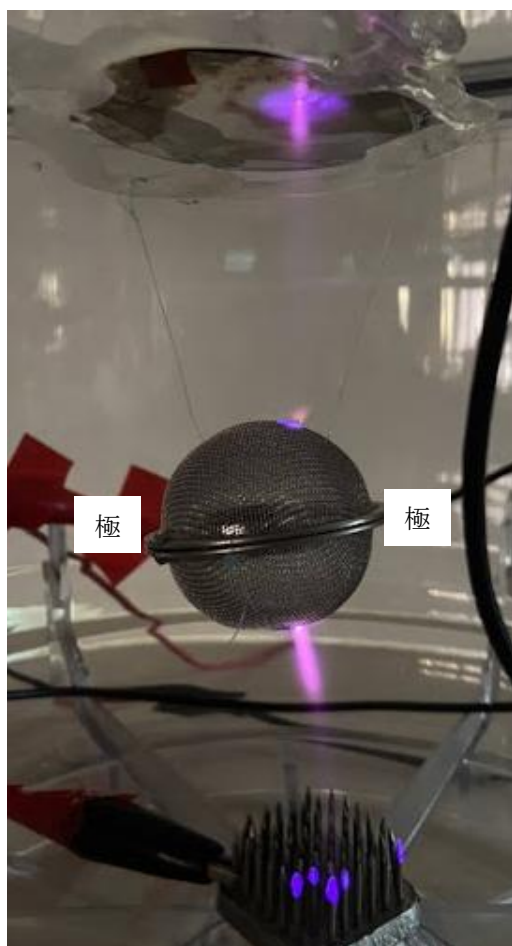


図4：実験Iの結果

4.1.4 考察

図2の実験装置から磁石を取り出して実験しても、磁石があるときと発光の様子

に変化は見られなかった。このことから、電子が磁界の影響を受けていなかったと考える。その理由として、金属によって作られた模擬地球を用いたため、電極から放出された電子が磁気圏に到達する前に模擬地球によって電子の流れが妨げられてしまったからであると考えた。

4.2 実験II

4.2.1 目的

実験Iで磁界の影響が見られなかった理由は模擬地球として用いた茶こしによって電子が磁気圏に到達する前に電子の流れが妨げられているからだと考えた。そこで、真空デシケーター内の電極間に磁石のみを配置し、模擬地球の影響がない時の発光の様子を観察した。

4.2.2 方法

上記「オーロラ再現装置」から茶こしを除き、上記「オーロラ再現実験」と同様の操作を行って放電を行った。

4.2.3 結果

はじめは、図5のように電子線は一方の極から入り、もう一方の極から電極に入った。

真空計の値が -0.093MPa を下回ると、次第に電子線が薄くなり、発光現象が見られた(図6)。 -0.099MPa で電子線が見えなくなり、磁石と電極の付近にのみ発光現象が残った。

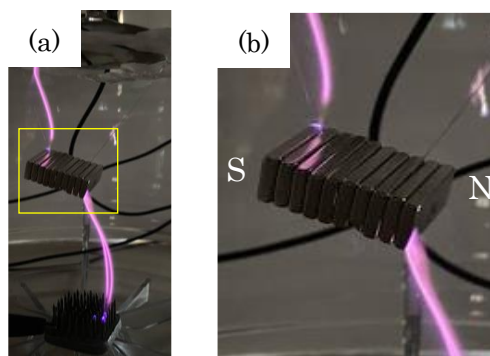


図5： $-0.089\sim-0.093\text{MPa}$ のときの発光の様子 (a)全体像、(b)口の部分の拡大図

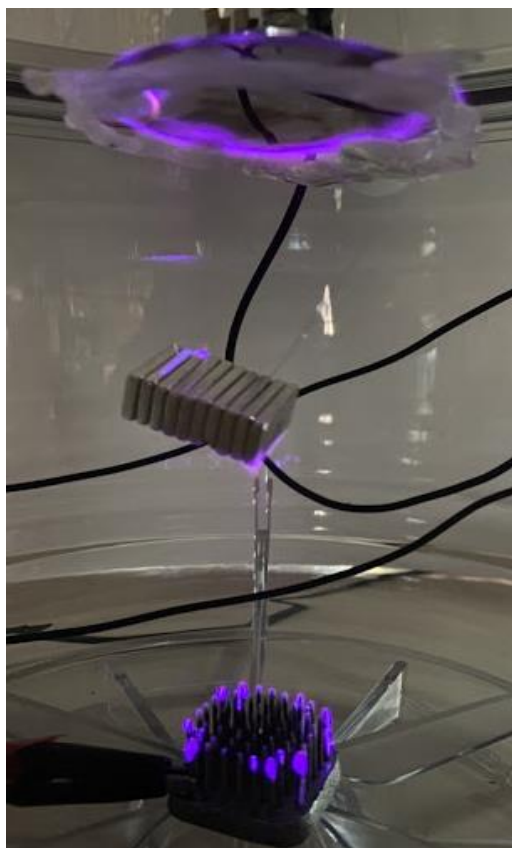


図 6 : -0.093MPa 未満の発光の様子

4.2.4 考察

図 5 に示すように、茶こしを除くと、電子線は磁石の極から入った。このことから、実験 II において電子の流れが図 1 のプラズマの流れと一致しており、磁界が図 1 のように作用していたと予想される。したがって、実験 I の考察は正しかったと考えられる。

このことから、電気伝導性がない素材を用いた模擬地球で実験を行うと、極の位置に発光現象が見られると考えた。

4.3 実験 III

4.3.1 目的

実験 II の結果に基づいて、紙などの電気伝導性がない素材を用いて模擬地球を製作し、実験を行うと極の位置に発光現象が見られることを確認する。

4.3.2 方法

紙は電気伝導性をもたないことから、薄い紙（トレーシングペーパー）を用いて一辺 2.5cm の正二十面体を製作した。これを図 2 の実験装置の模擬地球として用いた茶こしと置き換え、内部の磁石を 14 個に増やして実験を行った。

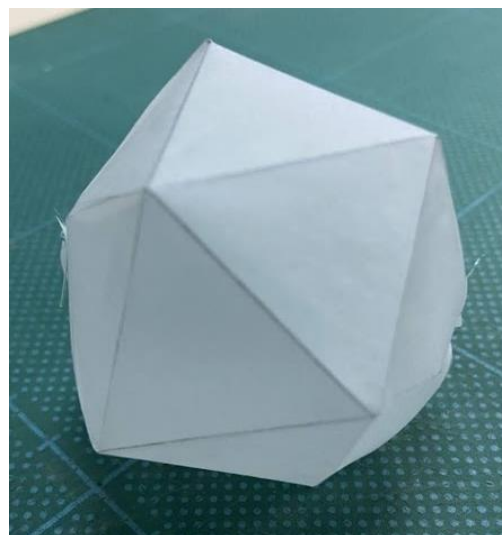


図 7 : 紙で制作した模擬地球

4.3.3 結果

実験結果を図 8 に示す。図 8 は真空計が -0.098MPa を示した時の様子である。紙で作った模擬地球を用いて実験を行うと、極の位置に発光現象が見られた。真空度がこれを下回ると、電子線が見えなくなって電極の付近にのみ発光現象が残り、模擬地球付近の発光現象は見られなくなった。

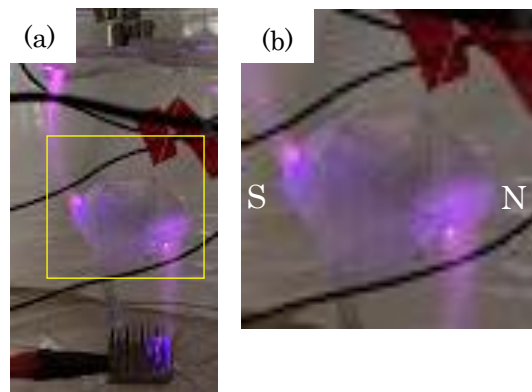


図 8 : 実験 III の結果

(a) 全体像、(b) 口の部分の拡大図

4.3.4 考察

金属製の模擬地球を用いたところ、極の位置に発光現象が見られなかった。一方、実験Ⅲでは紙の模擬地球を用いると極の位置に発光現象を確認することができた。

したがって、図3の実験で極の位置に発光現象が見られなかったのは、金属製の模擬地球によって電子の流れが妨げられたからであると考えられる。

5 結論

金属製の模擬地球を用いると、金属がもつ電気伝導性によって電極から放出される電子の流れが妨げられ、図1のような磁界の作用が見られなかった。しかし、電気伝導性をもたない素材である紙を用いると、極の位置に発光現象が見られた。

したがって、図3で極の位置に発光現象が見られなかったことは、模擬地球の材質に起因する。

紙を用いると大規模な装置を製作することなく、より正確なオーロラ再現実験を行うことができる。

6 まとめと今後の課題

今回の研究において、極の位置に発光現象を確認することはできたが、実際のオーロラのような環状の発光を確認することはできなかった。ゆえに、さらに条件を変えて実験を繰り返し、環状の発光が見られる条件を調べる。

また、このオーロラ再現実験は視覚的に印象的な実験であるため、小学校などの教育現場で活用することで、児童の科学への興味のきっかけとなるのではないかと期待している。

今後の課題としては、磁石のみで実験を行ったとき(実験Ⅱ)、真空度の低下に伴って電子線が見えなくなっても磁石の極付近に発光現象が残ったが、紙で制作した模擬地球を用いて実験を行ったとき(実験Ⅲ)、真空度の低下に伴って電子線が見えなくなるとともに極付近の発光現象も見られなくなった。その原因を、はっきりと

検証できていないため、今後も研究を進めていく。

7 参考文献

(1) 藤田 寛治「生徒体験型オーロラ実験に関する教材開発」

<http://www.ee.sagau.ac.jp/plasma/img/aurora.pdf>

(2) 鈴木 秀「オーロラ発生の研究」茨城県立水戸第二高等学校 SEAJ Journal 2015、1 No.148、p28

<https://www.seaj.or.jp/file/mito2014.pdf>

8 謝辞

今回の研究を行うにあたり、ご助言を賜った古谷先生、並びに大阪公立大学南繁行教授に厚く御礼申し上げます。