

# オーロラの色の違いは人工的に再現できるのか

## 抄 録

世界で最も美しい自然現象と言われているオーロラについての研究や調査は、多数成されている。その中でも私はオーロラの色の違いに興味をもち、人工的に色の違いを再現するためにはどのようにすればよいのかを、インターネットや本で調査するとともに、関係施設の見学を通してオーロラの再現実験を行った。結果として、人工的にピンク色のオーロラを再現することに成功した。しかし、ピンク色以外の色については、今回の実験では再現することができなかった。他の色を再現するためには、真空をつくる方法の改善や実験装置の改良により、再現できる可能性があると考えている。

キーワード：オーロラ，再現，色，分子（窒素・酸素）

## 1. はじめに

なぜ私がオーロラについて調べようと思ったのかは、よく見ているテレビ番組で綺麗なオーロラが放送されているのを見て、オーロラの正体や原理などについて、興味をもったからだ。そこで自分の目でオーロラを見ることができないかと思い、人工的にオーロラを発生させることができるのかに挑戦してみようと考えた。特にオーロラの色に神秘性を感じているので、色の違いに着目した再現に取り組むことにした。

研究していくにあたり、はじめにオーロラの仕組みやよく見える地点などについて、インターネットや本で調べた。つぎに、インターネットや本の中で人工的にオーロラを発生させる内容の記事が掲載されていたので、それらを参照し、再現に向けての準備を進めていった。

また、名古屋大学の太陽地球環境研究所「オーロラ 50のなぜ」(2007)や、佐賀大学の生徒体験型オーロラ実験(2003)に掲載されている先行研究の中で、オーロラの再現については取り上げられていた。しかし、色の違いに着目しての再現には詳しく触れられていなかったもので、実験や調査を通して色の違いを究明していくことにした。

## 2. 研究方法

研究テーマが決まり、まずオーロラの仕組み等やオーロラの再現についての歴史、方法をインターネットや本を使って調べた。

すると、オーロラについて調べていく中で疑問が生じたので、大阪市立科学館と大阪科学技術館を見学することにした。そこで学芸員の方にオーロラについての話を伺ったり、オーロラの再現実験を見学したりした。

また、オーロラについての調査や再現方法を学んだ上で、大阪市立大学特任教授 南繁行博士のご指導、ご協力のもと大阪市立大学で再現実験を行った。

最後に、オーロラについての調査結果と実験結果を検証し、オーロラの再現についてま

とめた。

### 3. オーロラに関する基礎知識

#### 3.1 オーロラが発生するしくみ

オーロラとは、地球の極地で見られる発光現象である。極地で見られることは、地球が北極をS極、南極をN極とする大きな磁石であることと関係している。また、オーロラは、地上から100kmから500kmの高さで発生する。そこは電離圏と呼ばれている。太陽からは、電気を帯びた陽子や電子などの荷電粒子がたえず流れ出している。この荷電粒子を「プラズマ」、その流れを「プラズマ流」もしくは「太陽風」と呼んでいる。太陽風から飛んできた電子や陽子は、地球の磁場に引き寄せられ、北極と南極をめがけて地球の磁力線にそって流れていく。地球の磁力線は、磁石の周りに砂鉄をまくと、砂鉄は磁力線状の模様を描く様子と同じである（図1）。

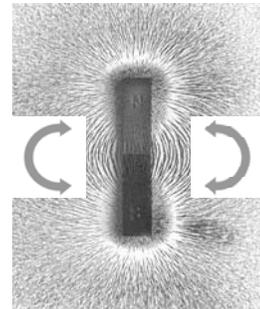


図1 磁石と砂鉄

そして、この太陽風から飛んできた電子や陽子が、磁力線上の北極や南極上空の酸素や窒素などの原子と衝突することにより発光する（図2）（図3）。

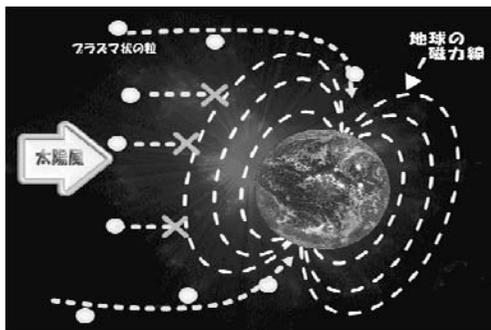


図2 太陽風の動き

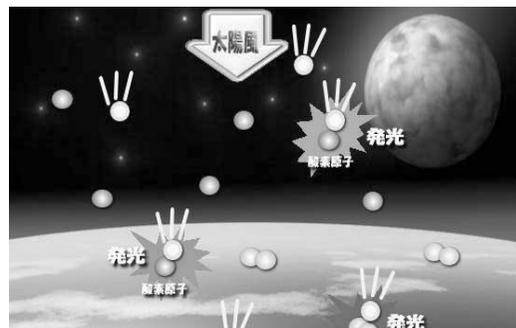


図3 電子と分子の衝突

#### 3.2 オーロラの色の違い

オーロラには、緑色やピンク色など様々な色がある。それは、大気中の物質によって色が決まり、大気中に酸素や窒素がどれだけあるかで色の濃さが決まる。例えば、緑色や赤色の場合は大気中の酸素に太陽風から飛び出した電子や陽子が衝突した時に見え、一方紫色や青色、ピンク色の場合は窒素に衝突した時に見える（図4）。

赤	高度	約 200 km ~ 500 km	酸素分子
緑	高度	約 100 km ~ 200 km	
ピンク	高度	約 80 km ~ 100 km	窒素分子
黒			

図4 オーロラの色と温度

酸素や窒素に太陽風からの電子や陽子が衝突して光るのは、酸素や窒素原子に電子が衝突すると状態が不安定になり、もとの安定した状態に戻ろうとするからである。その時に

放出するエネルギーとして光るのがオーロラである。さらに、その放出されるエネルギーの大きさにも関係している。放出されるエネルギーが低いと赤色になり、エネルギーが高くなるにつれ、緑色、青色、ピンク色となる。オーロラの色を詳しく調べることによって、ロケットや人工衛星で直接観測しなくても、放出されるエネルギーを知ることができる。

### 3.3 オーロラの観測場所と時期

オーロラが見える場所はオーロラベルト（南緯70度付近）と呼ばれており、有名なものが、北米のイエローナイフ、フェアバンクスである（図5）。欧州のフィンランドでも見えるが、地域的に天候が不安定で空気も湿っていることが多い。これに対して北米の方が乾燥しており、また晴天率が比較的高いので、観測するのに適していると言われている。さらに、オーロラがきれいに見えるのには、次のようないくつかの条件がある。



図5 オーロラベルト

- ①空気が澄んでいて晴れていること
- ②月や街の明かりなどといった明るさの妨げになるものがないこと
- ③太陽の活動が活発であること
- ④夜が長い時期であること

オーロラ観測のベストシーズンは2～4月と9～11月とされている。また、オーロラは同じ形のを別の角度から見ることによって放射状、ヴェール状、カーテン状など違う形に見えることもある。

## 4. オーロラの再現

### 4.1 オーロラ再現の歴史

オーロラ科学の父と呼ばれた人物がいる。19世紀後半のノルウェーの物理学者クリスチャン・ビルケラントである。今から100年前、ビルケラントは画期的な実験に成功した。オーロラは太陽と深い関わりがあると考え、太陽と地球に相当する装置を作って人工的にオーロラを発生させた。現在もその装置が残っている（図6）。丈夫な箱の中は宇宙空間と同じように真空に近い状態にしてある。その中に、地球にあたる、球体の電磁石がある。太陽にあたる電極から、鉄球に向けて電子が放出されると地球の南極と北極に相当する部分が光る。オーロラ科学の父ビルケラントは世界で初めて実験装置の中にオーロラを再現した人物である。

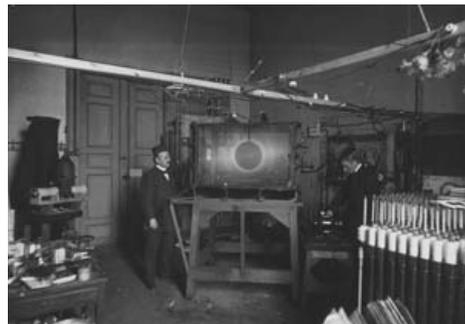


図6 オーロラ発生装置

また、セガトイズがプロジェクター型のホームエンタテインメント機器「HOME AURORA」を発売した。本体のボタンを押すだけで、天井や壁にオーロラを投影することができる。

光源には高輝度マルチカラー LEDを採用し、2メートルの距離で最大直径約3メートルのオーロラを投影できる（図7）。



図7 HOME AURORA

#### 4.2 オーロラ再現のしくみ

オーロラの原理を知る上で、私たちの身近なものとして、蛍光灯がある。オーロラは蛍光灯が光る仕組みと同じだと考えられている。蛍光灯の中は真空状態になっていて、少量の水銀蒸気が封じ込められている。蛍光灯の内側は、蛍光物質が塗られており、その両側にはフィラメント管がついている。そこに電流を流すと、両方のフィラメント管の間で電子が飛び交う。真空中で飛び交う電子は、封じ込められている水銀電子と衝突することで紫外線を出し、発光する。



図8 蛍光灯による発光

その過程を、大阪科学技術館で見学することができた。電流を流し始めると、蛍光灯の中が青色やピンク色に発光した（図8）。さらに、オーロラを発生させる装置も同じ仕組みであることを教えていただいた。

また、私が見学に訪れた大阪市立科学館では、オーロラを発生される装置が常設してあった（図9）。事前に真空装置と電源が用意されており、ボタンを押すことで真空状態を作り出し、オーロラを再現させていた。その色はピンク色であった。



図9 オーロラ発生装置  
（大阪市立科学館）

### 5. オーロラ再現実験の結果と考察

#### 5.1 実験方法

大阪市立大学にて実際にオーロラ発生装置を使って、オーロラの再現を行った。その際、大阪市立大学特任教授の南繁行博士のご指導とご協力を賜った。

南博士は、長年にわたりオーロラのことを研究されており、オーロラ発生装置を開発された第一人者でもある。上海万博の際にもパビリオンに出展されたり、様々な施設でオーロラ発生装置の提供に関わったりされている。

まず、準備物として次のものを用意した。

ガラス容器・真空ポンプ・電源装置・強力磁石・鉄板（円形・半球）・剣山

次に発生装置の組み立てを行った。

はじめに、ガラス容器の上部先端に剣山を取り付けた。剣山は電子を降り注がせる役割を果たしている。その後、ガラス容器の下に円形の鉄板を敷いた。その上に強力磁石を置き、半球の鉄板を被せた。これは、円形の鉄板が真空にするための役割をし、強力磁石が地球の磁力線、半球の鉄板が地球を表している。

次に、ガラス容器内部を真空ポンプを用いて真空に近い状態にした。この操作により宇

宙空間と似た状態を再現した。

最後に電流を流した。剣山から地球の磁場に沿って太陽風に横した電子が降り注いだ（図10）。

## 5.2 実験結果

電流を流した後しばらくして、ピンク色のオーロラが出現した。そのオーロラは、極を中心に輪状に広がっていた。電流を強くすると輪の広がりが大きくなり、小さくすると輪の広がりが小さくなった。横から見た様子では、地球に見立てた鉄製の半球よりも少し上でゆらゆら動いていた（図11）。

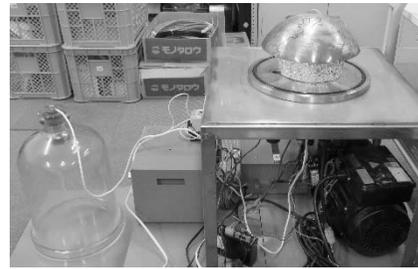


図10 オーロラ発生装置  
(大阪府立大学)

## 5.3 考察

- ・真空状態に近づかないと空気中の物質が妨げとなり、電子が磁場に沿って降り注ぐことができない。

- ・電流が強くなると放出される電子が多くなる。太陽風も同様に電子や陽子が多く

含むほど、酸素原子や窒素原子などと衝突する範囲が広がる。過去に日本列島でもオーロラが観測された事例があるが、その時は太陽風の威力（電気を帯びた総数）が多かったことが推測される。

- ・オーロラは常に輪状に発生する。場所や時間によって見えたり見えなかったりするの、太陽風の威力や雲や月明かりなどの妨げの状況に影響すると考えられる。

- ・鉄製の半球よりも約1cm上でオーロラが見えた。半球の直径が約30cmで地球の直径が約1300kmであることから、地球規模で換算すると上空約400kmに相当する。このことは、実際のオーロラの発生状況と一致する。

- ・オーロラがゆらゆら動いて見えた。これは、真空放電の中の電子とごくわずかに残っていた空気内の原子が真空ガラス容器内を動き回っており、様々な場所で衝突を繰り返しているからである。

- ・オーロラがピンク色に光ったのは、真空ガラス容器の中の少量の空気に反応したためと推測する。空気は窒素が約78%、酸素が21%の成分で構成されている。今回の実験では、空気の主成分である窒素原子と電子が反応したために、ピンク色に発光した。また、ピンク色に光ったのは、ガラス容器内の電流のエネルギーが高かったことも考えられる。

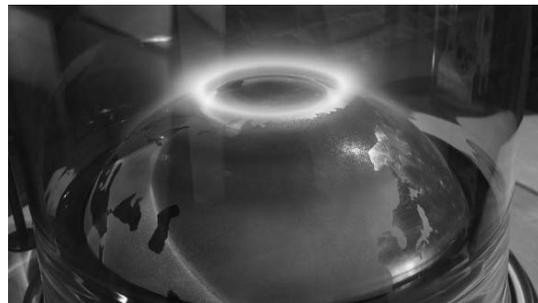


図11 人工オーロラの発生

## 6. 結論

研究のまとめとして、調べたことや実験でわかったことをもとに理論づけを行った。オーロラは自然現象であるとともに、電磁気現象でもある。今回の実験でオーロラを真空状態の中で電流を流すことにより、人工的に発生させることができた。ただ研究のテーマである色の違いについては、ピンク色しか再現できなかった。その他の色を発生させるために

は、発生装置内を酸素だけで満たし、真空ポンプで真空度を上げながら真空放電させると、緑色のオーロラが発生するのではないかと考える。

また、今回の発生装置は簡易型であったので、さらに大きな発生装置により真空状態で酸素など様々な分子を注入することができれば、オーロラの色の違いを人工的に再現することは可能だと結論づける。

## 参考文献

ウィキペディア オーロラ (2018年8月5日)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/>

上田洋介 (2008) 『宇宙の神秘に迫る オーロラ ウォッチングガイド』

J T B パブリッシング

N H K for School 「オーロラ」「オーロラ科学の父」 (2018年8月10日)

[http://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das\\_id=D0005402655\\_00000](http://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005402655_00000)

[http://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das\\_id=D0005402660\\_00000](http://www2.nhk.or.jp/school/movie/clip.cgi?das_id=D0005402660_00000)

片岡龍峰 (2015) 岩波科学ライブラリー 243 『オーロラ!』 岩波書店

佐賀大学 生徒体験型オーロラ実験 (2018年8月5日)

<http://www.ee.saga-ac.jp/plasma/img/aurora/>

佐藤夏雄・門倉昭 (2015) 『オーロラの謎』 成山堂書店

天空の神秘オーロラ (2018年8月4日)

<http://www.auroranavi.com/>

名古屋大学 太陽地球環境研究所「オーロラ 50のなぜ」 (2018年8月4日)

<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/naze/aurora/index.html>

渡部潤一 (2009) 『日食 月食 オーロラ』 株式会社 学習研究社