

スペクトルで探る空の色

東京都立科学技術高等学校 原清貴(3年) 富永和雅(3年)

はじめに

私たちが本研究を始めた動機として、日々変化する空の色に疑問を抱き、その理由を解明したいと考えたからである。そして、本研究の目的は、曇りと雨の日、霞んだ空と澄んだ空の色が、どのような影響を受けて違って見えるのかを解明することである。

研究等の方法

本研究では空のスペクトルを朝・昼・夕の3回、東の水平方向を0度、天頂を90度、西の水平方向を180度とし15度ずつ角度を変え、スペクトルアナライザを用いて空のスペクトルを計測した。また、湿度、気温、雲量、天気、空の写真も同時に記録した。なお、524nmが各波長で最も光の強度が高く、測定した波長の中央に近かったため、524nmを相対強度の基準とした。その波長より短い波長領域を短波長、長い波長領域を長波長として分析を行った。今回は、測定したデータの中から雨を降らせている雨雲(以下雨雲とする)と、雨が降っていない曇り(以下曇りとする)、快晴のスペクトルを比較した。

また、観測期間中、同じ快晴でも遠方の空がうすうすと灰色に霞んでいる日があった。そのため、霞んだ空と、遠方がよく見える澄んだ空との比較も行った。この測定では、太陽の方位角・高度角による違いを無くすため実験時刻を合わせ、太陽の方位角・高度角を誤差0.02%、0.2%に収めている。実験結果はスペクトルアナライザ校正後のデータである。

結果・考察など

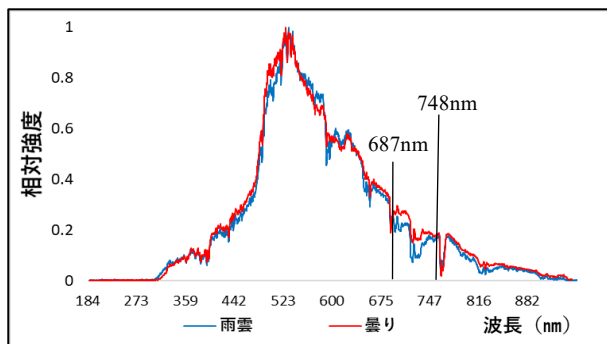


図1 雨・曇りの相対強度スペクトル
(朝 165度 雨雲 2019/7/25 曇り 2020/2/3)

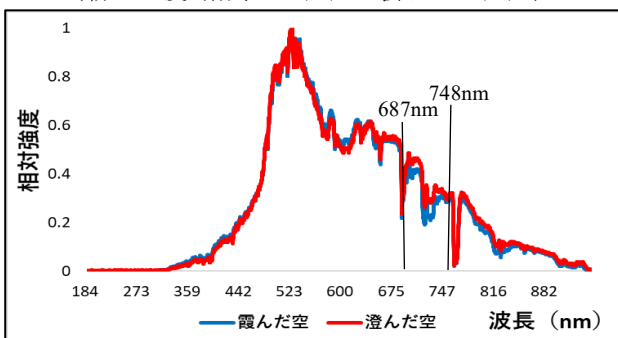
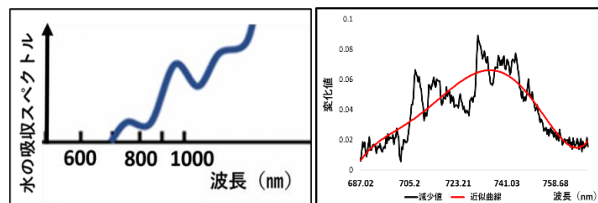


図2 快晴の霞んだ空と澄んだ空の相対強度スペクトル
(夕 170度 霞んだ空 2020/2/13 澄んだ空 2020/2/18)



左図 3 水の吸収スペクトル (出典:ケイエルバイ株式会社 <https://www.klv.co.jp/product/contents/Water-detected-by-ir-spectroscope.html>)

右図 4 図2の687nm~770nm 霞んだ空と澄んだ空の差

雨雲と曇りでは大気中の水分量が違うはずであり、両者のスペクトルは、687nm~748nmで特に大きく変化し、雨雲のほうが曇りと比べ相対強度で、平均で23%減少していた(図1)。また、図2の霞んだ空と澄んだ空を比較すると、短波長側では違いがないのに対し、長波長側では上記と同様の687nm~748nmに違いが見られ、霞んだ空は澄んだ空と比べ、平均で12%減少した。

水による可視光域での吸収は、700nm手前から大きくなり700nm台の半ばでピークを迎えて減少する(図3)。そこで測定した687nm以上の波長の変化量を測定値から求めた。図4は、図2の澄んだ空と霞んだ空の687nm~770nmでの、減少した変化値を示した。この図3と図4を比較すると、グラフの傾向が一致している(雨雲と曇りの比較でも同様の傾向を示した)。以上のことから、一連の変化は水による吸収が原因である。

なお、太陽の位置により太陽光が透過する大気層の厚さが変化する。太陽光のレイリー散乱では短波長の散乱が大きく、大気層の厚さによりスペクトルに変化が生じる。快晴では太陽の位置による散乱の影響が大きく出ると考え、霞んだ空と澄んだ空の実験では太陽の方位角・高度角を互いに一致させたデータを使って解析した。

おわりに(まとめなど)

大気中の水分量が多い時は、空のスペクトルの687nm~748nmを中心に吸収が起き、その水分量の違いが吸収量に表れた。曇り・雨雲、霞んだ空・澄んだ空の色の違いは、その長波長の違いが大きく影響したと考えられる。また、太陽の位置についても今後は精密に比較する場合は考慮していく必要があると考える。今後も実験を継続し更なるデータ収集を行っていき、最終的には気象予報への応用を目指していく。

謝辞

本研究にあたり、東京都立科学技術高等学校の科学研究部の顧問、金子雅彦先生のご指導を受けました。

参考文献

ケイエルバイ株式会社 HP、2020/12/29: 近赤外分光器を用いた水分測定、<https://www.klv.co.jp/product/contents/Water-detected-by-ir-spectroscope.html> (2021/2/3)。

気象庁 HP、2021/1/31: 気象のデータ検索、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2021/1/31)。