

〈南極科学賞〉

人工の光がない自然な夜空の明るさとは

提案者 **海城中学・高等学校 地学部天文班**

西尾真輝(高1) 廣木颯太郎(中3)

清水彬光(中3) 法兼佑泰(中3)

右田亜朗(中3)

学校 学校法人海城学園 海城中学・高等学校
東京都新宿区大久保3-6-1

指導教諭 上村剛史 山田直樹

第 10 回 中高生南極北極科学コンテスト 提案書

(1) 提案の目的

まず表紙に書いたように「夜空の明るさ調査」を「極地」という人工の光がほとんどなく、大気が澄んでいる環境で行いたいと思う。極地での夜空の明るさは本当の意味での自然な夜空であるので、観測は夜空の明るさ研究全体にたいへん重要な意味を持つものである。ここで極地での夜空の明るさ観測でしか明らかにできないことを目的として以下にまとめる。

- ①自然な、本来の夜空はどれほど暗いのか？
- ②人工の光がないと夜空の明るさの時間経過は起きないのか？
- ③人工の光がないと大気中の浮遊物質量と夜空の明るさの変動の相関は低くなるのか？
- ④エアロゾルと人工の光以外で夜空の明るさに関与しているものはないのか？
- ⑤純粋に月だけによって夜空がどれほど明るくなったか？
- ⑥極夜では夜空の明るさはどう変わるのか？

これらの目的をもって極地での観測を希望する。

(2) 事前研究

• はじめに…

まず、今後の内容の根幹ともなる語である「^{ひかりがい}光害」について説明する。「光害」とは一般的に「人間活動によって生じた余分な光が、生態系や天体観測などに悪影響をもたらす公害」とされる。だが、本研究では「光害」＝天体観測に悪影響をもたらす公害 とし、光害を「人間活動によって生じた余分な光が、大気中の浮遊物質に反射して空が明るくなる公害」と再定義する。

• 研究背景…

都会で夜空を見上げても星が見えない。それはもちろん光害が原因である。私たちが所属する学校は東京都新宿区という有数の都市に位置する。そのため天体観測はほとんどできない。そこで私たちは「この新宿区はどれほどの光害の影響で夜空が明るくなり、天体観測がしづらいのか？」という疑問を抱き、この研究を始めた。

また本研究を始めるにあたり、愛知県立一宮高校主催の「全国一斉夜空の明るさ調査」に参加した。これは現在、日本全国規模の夜空の明るさ調査ネットワークとなっている。この参加のおかげもあり、夜空の明るさに関する研究を深化させていった。

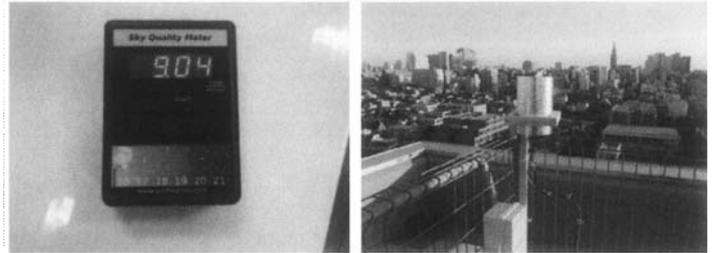
• 研究目的…

私たちのこの一連の「夜空の明るさ調査」には、最終目標として「夜空の明るさマップの作成」を掲げている。これはさまざまな地点での夜空の明るさを測り、どういった場所が光害が少ないかをわかりやすく可視化したマップである。だが、(後の結果にも載せてあるように)夜空の明るさは夜間に時間経過によって変動することがわかった。この観測結果によってマップ作成にあたり、同じ時間に無数の観測地点で測ることは不可能なので、「夜空の明るさの時間経過」を用いて同時刻に「補正」する必要性が出てきた。よってこの「夜空の明るさの時間経過」を正確に捉えるべく、現在はその原因を追究している。

• 観測方法…

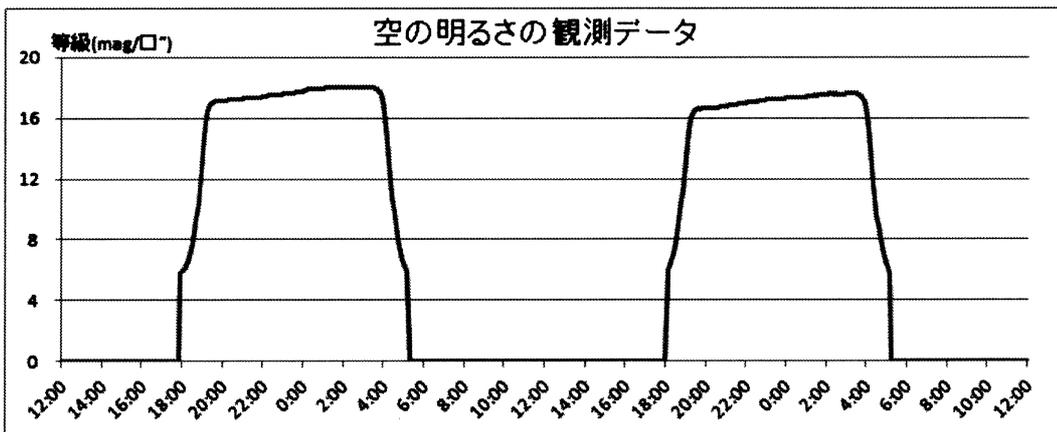
夜空の明るさを数値化する Sky Quality Meter、通称 S Q M を用いた。(下にある左側の写真を参照) S Q M にもいくつか種類があり、今までの研究では本校の 8 階建て校舎の屋上に S Q M - L E と呼ばれる自動観測を行う S Q M での観測、自宅や合宿先における S Q M - L での手動観測の 2 つを実施している。また現段階では主に S Q M - L E での定点観測のデータを分析している。

観測の仕組みとしては両方とも同じである。左右 2 0 ° の円錐状の視界で、単位時間に入ってきた光子数をカウントし、それを平方秒角あたりの等級に直して表示する。よって S Q M - L E は横から光が入らないように筒に入れている。(右側の写真を参照)



• 結果…

まず夜空の明るさに影響をもたらすのを光害だけに限定するために、データは快晴、新月周辺(月齢 27 ~ 3)、薄明(具体的には天文薄明)のない日時のものだけを使った。下のグラフは連続した 2 日分の観測データである。縦軸に等級をとっているので数値が高くなればなるほど暗いということである。

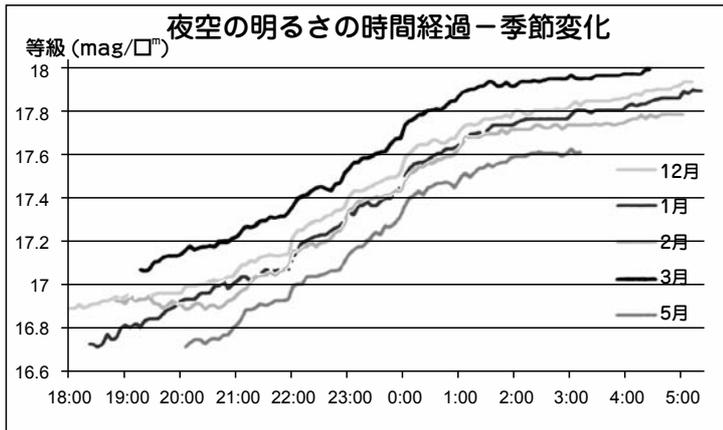


この観測結果から次のことがわかる。

- 太陽が沈むと空は急激に暗くなる。
- 夜間でも空の明るさは変化している。それは時間経過によってだんだん空が暗くなる変化である。

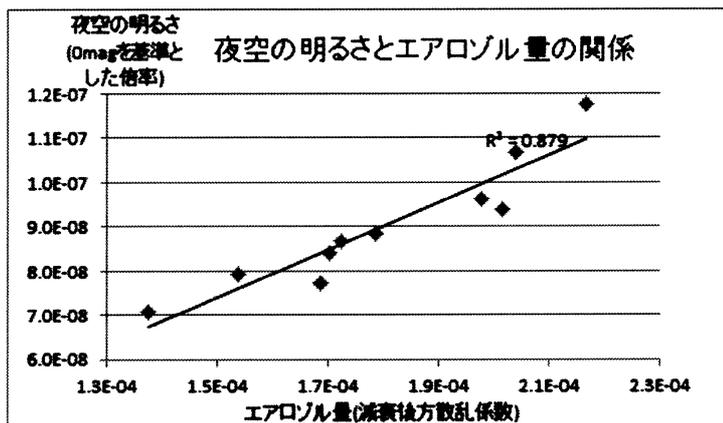
そして「研究目的」で述べたようにこの「夜空の明るさの時間経過」を用いて様々な時間の観測データを補正する必要がある。よってこの「夜空の明るさの時間経過」は補正の基準となる重要な変化である。

次にこの「夜空の明るさの時間経過」そのものが変化するのかを調べた。それが以下のグラフである。これは本校で観測した「夜空の明るさの時間経過」を季節別に比較したものである。



この観測結果から、夜空の明るさの時間経過は冬になるほど全体的に暗くなる季節変化がある、ということがわかる。

この変化があると夜空の明るさの時間経過、つまり補正の基準が定まらないため原因は何か、調べた。私たちは原因は大気中の物質だと考えた。なぜなら同じ場所で人口の光の増減パターンが変化するとは考えにくく、光害の定義にあるように大気中の物質が空を明るくする要因だからである。また、その中でもエアロゾルに着目し、実際にエアロゾル量と夜空の明るさの相関を分析した。その結果は以下のグラフである。



このように高い相関がみられた。よって季節変化等の原因はエアロゾルであると考えられる。

※引用して使用した観測データ

- ・ 気象庁 過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
「空の明るさ観測データ」、「夜空の明るさの時間経過-季節変化」、「夜空の明るさとエアロゾル量の関係」のグラフの作成にあたり使用
- ・ 国立環境研究所ライダー観測ホームページ <http://www-lider.nies.go.jp>
「夜空の明るさとエアロゾル量の関係」のグラフ作成にあたり使用

(3) その提案がひらめいたきっかけ

事前研究で述べてきたように夜空の明るさ、つまり光害には人工の光とエアロゾルの2つが大きく影響をもたらしていることがわかった。ここで「これらの要因をほとんど取り除いた、真の自然の夜空はどれほどまで暗いのだろうか？」ということを知りたいと思った。

さらには、夜空の明るさを決める光害は、人工の光が大気中の物質によって拡散することで発生するので、「人工の光自体がなければエアロゾル量によって夜空の明るさは影響を受けないのではないか？」という仮説を考え、これを実証したいと思った。

私たちが夜空の明るさを観測しているネットワークは日本に限定されているため、この2つを観測する「特殊な環境」は無いに等しい。またそのような場所での観測は過去にも存在しない。そこで、この「特殊な環境」である極地での観測を思いつき、応募に至った。

(4)南極または北極における観測方法

①S Q Mを用いた夜空の明るさ測定

- 第一希望：S Q M-L Eを用いた夜空の明るさ測定

これはパソコンとLANケーブルで結ぶことで、指定した時間おきに自動で観測する装置である。南極での電源確保、設置に必要な機材等に問題が生じる場合は第二希望のS Q M-Lでの観測とする。

- 設置方法…

S Q Mを片方が空いた円柱状の亚克力ケースにいれ、側面をアルミテープで覆う。木などの棒を亚克力ケースとS Q Mの隙間に挟み込む構造にして、それをフェンスなどにくくりつけて天頂を向くようにして観測を行う。

- 第二希望：S Q M-Lを用いた夜空の明るさ測定

観測方法については②で述べるように、大気浮遊物質との関連性を調べたいため、浮遊物質を観測する時間で同時に夜空の明るさを測定する。また、観測は雪などの降雨が無い夜の時間に限定する。

- 観測方法…

S Q M-Lを天頂方向に向けて測定する。

- 観測回数…

1測定につき5回のデータを取り、中央値を観測値とする。5分(または15分)間隔が望ましい。

- 観測時間…

日没から一時間半後から日の出一時間前まで。(天文薄明の影響を除くため)

快晴または天頂から20°の範囲に雲がないとき。(雲の影響を除くため)

*月は今回「夜空の明るさの調査」の対象に含める。

②おんどりを用いた気象観測

おんどりは気温、湿度、気圧を自動観測する機械である。これを使用することで極地特有の気象条件を捕らえ、夜空の明るさに影響を与えていないか調べる。

- 観測方法…

観測間隔を5又は10分に設定して、野外に置いて観測する。外部からの熱などの影響が無い場所で行う。

- 観測時間…

<http://www.tannd.co.jp/product/dataloggers/tr73u/>より引用



①と同様の時間帯。

③エアロゾル、一酸化炭素濃度などとの関係性調査

極地研究所が公表しているエアロゾルなどの大気浮遊物質の情報を頂き、S Q Mデータとの相関を調べる。

そこから何の物質が極地の光害の主原因なのかを考察する。

なお、以下で希望するデータは国立極地研究所学術データベースを参考に検討した。

(国立極地研究所学術データベース URL:<http://scidbase.nipr.ac.jp/modules/metadata/index.php?cat=sky>)

- 使用を希望するデータ…

エアロゾル粒径別粒子数濃度(南極)、二酸化炭素/一酸化炭素/メタン濃度(南極)、温室効果気体濃度(南極/北極)

- 他に使用を希望するデータ…

全天カメラ雲観測データ(周辺環境を確認するため)、氷床氷縁監視データ(南極の環境を把握したいため)

*観測回数・時間はあくまで希望です。他研究の都合上、短縮などをしていただいて構いません。

(5) 予想される結果

① SQM値の変動

- 一晩の変化…

日本と同じく明け方になるほど暗くなり、SQM値は上昇すると考えられる。

しかし人工の光が少ないため上昇量は小さくなく、変動は日本ほど激しいものにはならず、ほとんど平らで変化はないと思われる。

- 極夜時の変化…

極夜の場合はある一定の値よりも上昇することがない。あまり変動がないように思われる。

- 月による変化…

夜空の明るさの時間経過がほとんど存在しないと思われるため、月が出ると左右対称にきれいに夜空の明るさが明るく変化すると思われる。

② 気象条件との関連性

- 気温…

気温によって、光害が変化しない。ただ気温は湿度に影響を与えているので、何か関連性があると考えられる。

- 湿度…

湿度は大気中の飽和水蒸気量に対する水蒸気量であるため、光害の原因の一つとなってデータに影響を及ぼす。

- 気圧…

気圧と光害の関連性は低いと予想する。

③ エアロゾルとの変動パターン

- 大気物質との相関…

人工的な大気物質は極地のほうが少ないので、SQM値との相関は都心のデータに比べ、低くなると考えられる。ただし、自然に存在している物質で、日本に比べて南極の方が多くものは相関が高くなると予想される。

また、事前研究からエアロゾルの影響として、球形エアロゾルの影響が強いと確認された。まだ確証には至っていないので、南極におけるエアロゾルの分布特徴を見て、本当に球形エアロゾルが一番影響を与えているのか確認したい。また各物質との相関は予想がつかなかったなので、今回調査したい。

④ 極地環境との関連性

- 氷床や氷縁…

氷(または雪)の面は光の反射が強いため、実際よりも多くの光を空中に跳ね返しているのではと考えた。

よって光源がある場合、氷床や氷縁の拡大は光害を促進するものだと予想する。