夜空の明るさ　Ⅴ

～自作観測器による
夜天光の研究～

２００６ｈ１８．１０．５．

第50回 読売 日本学生科学賞

東筑紫学園高等学校

理　科　部

福岡県北九州市

目　次

はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．１

１．光害とは・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．２

２．観測機器の製作・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．３

２－１　ＬＥＤ電流調節部　P.3
２－２　観測パイプ　P.3
２－３　電流測定部　P.4

３．特性評価・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．６

３－１　温度による電圧変動と時間　P.6
３－２　ＬＥＤ光の強さと時間　P.7
３－３　ＬＥＤ光と減光フィルター　P.7
３－４　パイプ内部のＬＥＤ光の反射　P.8
３－５　光の強さと電流値　P.8
３－６　特性調査のまとめ　P.9

４．観測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．１０

４－１　観測の手順　P.10
４－２　二つの方向性　P.11
４－３　データシートについて　P.11

５．観測結果・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．１２

５－１　定点連続観測概要　P.12
５－２　定点連続観測データ　P.15
５－３　夜空の明るさを決める高さについて　P.16
５－４　各地同日観測　P.18
５－５　光の強さの各地平均値比較　P.20

６．個人差問題・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．２１

６－１　目　的　P.21
６－２　方　法　P.21
６－３　結　果　P.21
６－４　考　察　P.22
６－５　まとめ　P.22

７．ホームページについて・・・・・・・・・・Ｐ．２３

８．今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．２４

おわりに・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．２５

参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ｐ．２６

はじめに

今回の調査は、2000年の九州高等学校生徒理科（物理・地学）研究発表会で、先輩が「昼間に見える星」というテーマで発表したものを受け継いだ。その時には、昼間に星を観測することで、大気汚染の進行状況などを調べようとした。しかし、調査方法が難しく、結果的に私達理科部でも後を継ぐ人がいなかった。そこで、今回はもっと簡単な方法で、大気汚染や、光の害を調べようと思う。

図1は、人工衛星から撮影した世界の写真で、これは全て夜の状態に合成されたものである。この中で、日本列島はその姿、形をはっきりと浮かびあがらせていることがわかる。

図１

http://www.tos-land.net

私達は、光があるおかげで、暗い夜も昼間と同じように生活することができる。光とはとても便利なものである。しかし、日本がこんなに浮かび上がるほどの光が本当に必要なのだろうか。

私達は夜空の明るさを、LEDを使用した自作器の電流値から数値化することを試みた。まず、その機器制作方法について説明する。そして、機器の特性評価を行い、十分使用できることを確認した。

そして、５年にわたる観測の結果、「夜空の明るさ」は、雲量、湿度、水蒸気量、さらには気温、風速など、さまざまな気象状態と極めて密接な相関があることが解った。さらに、ＳＰＭなど目に見えない浮遊物質にも影響されることが解った。

以上のことをふまえた上で、北九州周辺の「夜空の明るさ」を数値化し、考察した。さらに、「夜空の明るさ」は、はるか上空で決まるのではなく、地表～数百ｍで決まっているのではと推測した。

なお、今回の「夜空の明るさⅤ」は2005年九州高等学校生徒理科研究発表会の発表「夜空の明るさⅣ」に、新たに観測、入手したデータを加え、検討したものである。

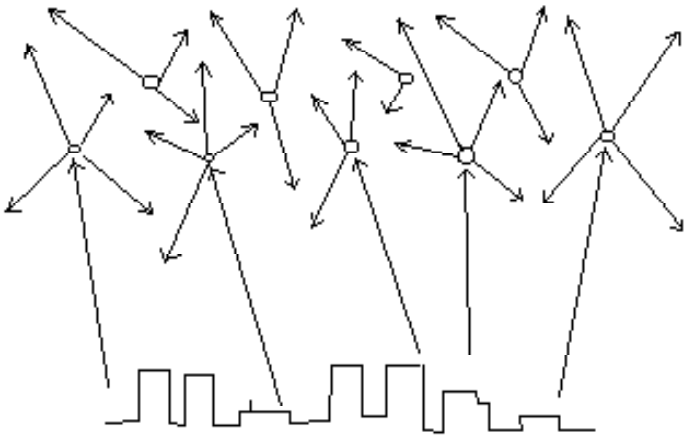
１．光害とは

街灯などの照明は、私たちが夜道を歩いている時も昼間と同じように照らしてくれ、夜間の生活を助けてくれる。しかし、一方では多くの照明はまぶしさの原因になり、視認性を阻害し、星がよく見えなくなる。また、コンビニエンスストアの明かりにカナブン等の虫が来て、本来死ななくていい虫が死んでしまうなど、動植物に影響が出る。さらに夜型の人間が増えるなど、私達の生活にも大きく影響を与えている。いってみればこれは光害ではなかろうか。

※光害（ひかりがい）

過剰な照明やパチンコ店のネオンなどの膨大な量の光が、図２のように空気中の分子や塵によって散乱・反射することにより、本来必要な地上ではなく、宇宙に光が向けられる。その結果、夜空の明るさが増す。これにより、星空観察が困難になったり生態系に悪影響が及ぶことを、光害と言う。

図２



大気中の浮遊物が多いほど光の散乱、反射が多くおこり、明るくなる。

光害に最も影響がある光は、水平から上に約５度の角度で出る光であり、まっすぐ上に向かう光の３倍～４倍、大気に散乱または反射され、夜空の明るさの原因になる。つまり、人の目にまぶしい横方向の光を無くさない限り、光害の改善は難しい。

次に、光だけに原因があるのではない。空中に浮遊する様々な物質も大きく影響している。例えば、ＳＰＭである。ＳＰＭというのは、工場や車から排出される、10μｍ未満の目では見ることのできない浮遊粒子状物質のことである。このＳＰＭの量が多ければ多いほど、地上からの光を散乱または反射し、夜空の明るさは明るくなると考えられる。この自作機器で光の強さとＳＰＭの値に相関関係があれば、この機器は、目には見えない物質をも捕らえることが可能で、光害と浮遊物質の関係も解明できるに違いない。

２．観測機器の製作

今回製作した観測機器は、夜空の明るさを測定するためのものである。この機器は大きく分けて３つの部分（① LED 電流調節部②電流測定部③観測パイプ）から構成されている。以下に機器の製作方法について説明する。

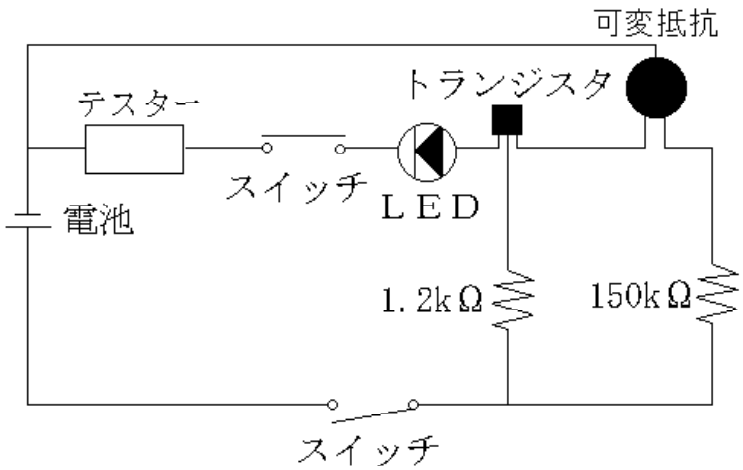
２－１　ＬＥＤ電流調節部

この機器の中には図 3 のような簡単な回路が入っており、可変抵抗のつまみを回すことにより LED の光の強さを調節できる。

材料

- 基盤
- トランジスタ
- 可変抵抗
- LED［GL5KG8］
  （発光ダイオード）
- 配線
- 6P 電池
- ケース
- スイッチ 2 つ
- 抵抗
  150k Ω　 1.2k Ω

図３



材料は近くのパーツ屋で 2000 円以内で購入することができる。今までハンダごてを使ったことがない、不器用な私たちでも作ることができた。

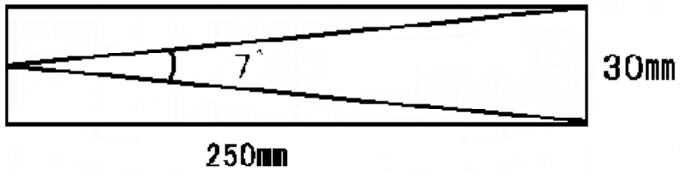
２－２ 観測パイプ

パイプには LED を装着しており、ここで LED と空の明るさの比較を行う。

まず、パイプの視野を 7°にした。それは、環境省主催で毎年夏と冬に行われているstar watchingで決められている視野に準拠した。ホームセンターで直径 30
mm の水道管用の塩ビ製のパイプを買い、全長を計算した。その結果､全長は 250 mm になった。

30 ÷ 2 ＝ 15
15 ÷ tan3.5 ≒ 250

図４



次にそのパイプに LED と Green Filterと減光フィルターをつける。

夜天光（夜空の光）は 5300 Å の波長で光っており、可視光線の緑色に相当する。よって、LED は緑色光のものを選択した。なお、夜空を天体望遠鏡で見ると、背景の空が緑色がかって見える。

Green Filter は夜天光以外の光を遮断するためにつける。この結果、LED 光と夜天光の明るさを合わせることができる。取り付けはパイプの端に LED を、それよりも少し内側に Green Filter を取り付ける。

次に減光フィルターを取り付けるのは、LED 光を夜天光に合わせると電流値が小さくなりすぎ、データを読み取れないためである。減光フィルターを LED の直径より 2～3mm 大きく四角に切り Green Filter の中心に付ける。付け方は 2 辺をテープなどで付ける。そのあと LED を光らせたとき減光フィルターから光が漏れない間隔をあけてパイプに付ける。

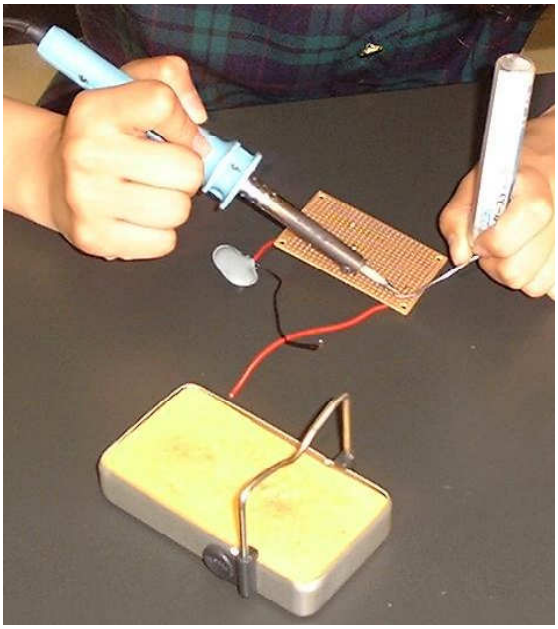
筒の中に艶が残っていては光が乱反射し、光の量が増えて測定結果が正確にならない。よって艶をなくす必要がある。そこで、筒の内部の艶をなくすために艶なしの黒スプレーを塗ってみたが、艶が残っていた。次に、炭酸マグネシウム（添加粉）を混ぜると艶が無くなると教えてもらったので、混ぜた塗料をもう一度筒の内部に塗ったが、それでもダメだった。そこで、内部にフェルトを貼ると艶をなくすことができた。

２－３　電流測定部

これは学校で使っているテスターである。可変抵抗の電流値の最大が 1122 μA 未満なのでテスターの測定範囲は 0 μA～1122 μA にする。観測したとき、この電流値を読み取って記録する。しかし現在、より読みやすくするためにデジタルのテスターを新たに購入し使用している。

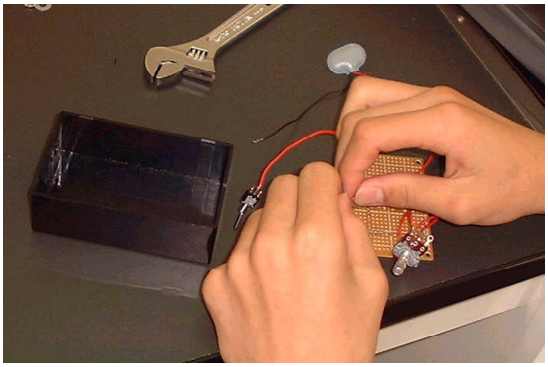
実際に製作している様子

１．ハンダで材料を付ける



２．ケースにスイッチの穴を空ける

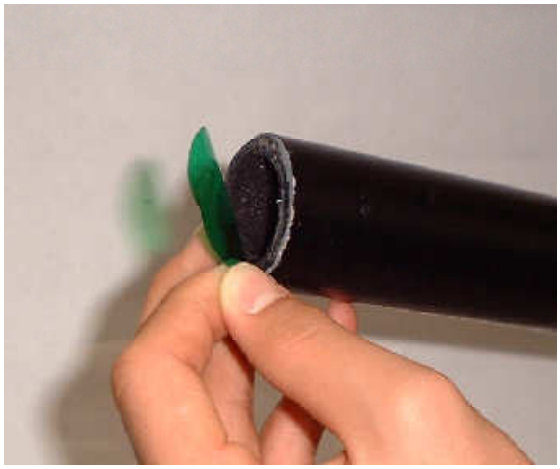
３．組み立てる



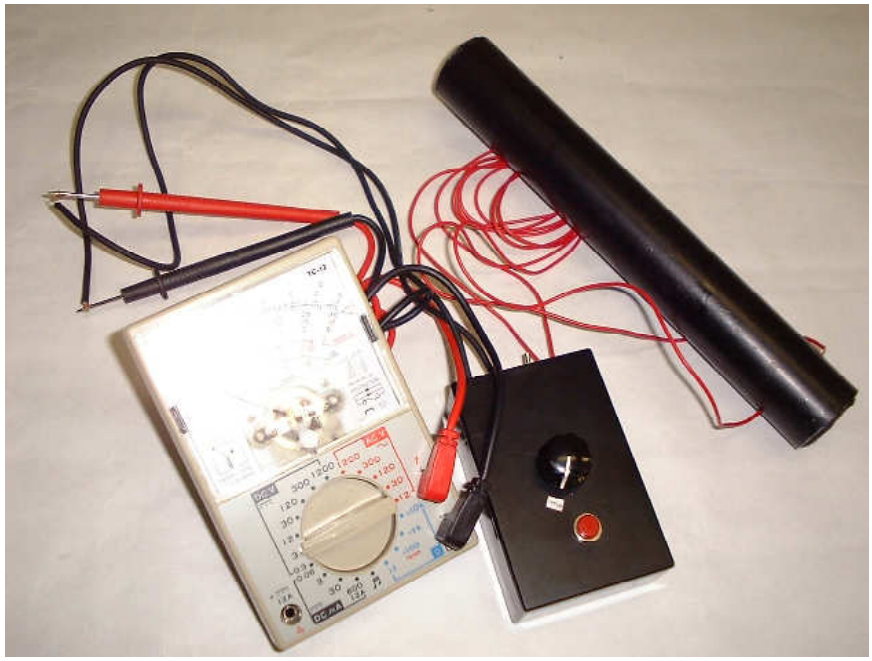
４．観測パイプに穴を空ける

５．観測パイプの内部に
フェルトを貼り付ける

６．観測パイプに Green Filter
と減光フィルターを取り付ける



７．完成



３．特性評価

私達が作った観測機器で観測する前に、この機器がどのような特性を持っているか、つまり周囲の温度変化や時間により観測機器が影響を受けないか確認した。また、一般的に入手しやすいマンガン電池とアルカリ電池で、どちらが私達の観測に適しているかを調べた。

３－１　温度による電圧変動と時間

目的：LED を光らせる電圧が温度によって変化するか確認した。

方法：観測機器を、気温の異なる場所でスイッチを入れたまま放置し、5 分間ごとにその電圧を測定した。この測定は 30 分間連続で行った。次に－ 12 ℃（冷凍庫）、5 ℃（冷蔵庫）、14 ℃（野菜室）、23 ℃（室内）、38 ℃（屋外）の条件で測定した結果を示す。なお本来は電流値で測るところだが、今回のμA 程度では差が出ないと思われるので、今回は電池の電圧変動を調べた。

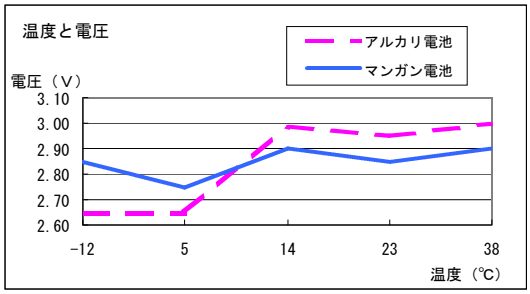
測定結果

表１

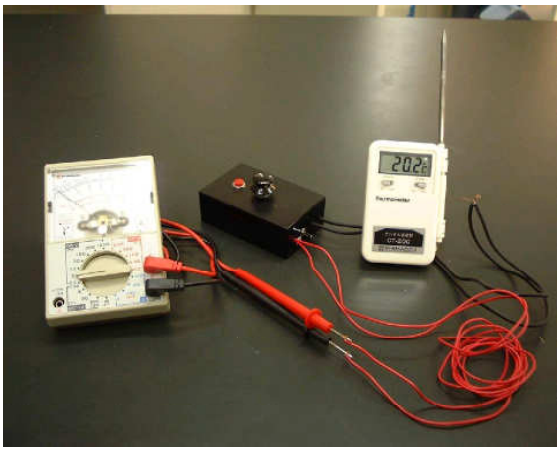
温度と電圧

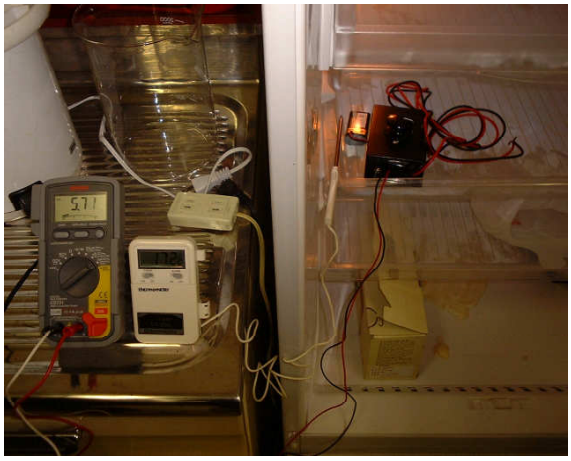
温度(℃)	マンガン電圧(V)	アルカリ電圧(V)
-12	2.85	2.65
5	2.75	2.65
14	2.90	2.99
23	2.85	2.95
38	2.90	3.00

図５



この図 5 から、常温域ではアルカリ電池の発生する電圧はほぼ 3.0 V で安定している。しかし、一方では明らかに温度低下によるアルカリ電池の電圧低下が起こっている。アルカリ電池の場合は温度低下に注意する必要がある。そして、これらの結果から LED の電圧変化は常温に近い温度にすれば、30 分程度は使用できることがわかった。





３－２　ＬＥＤ光の強さと時間

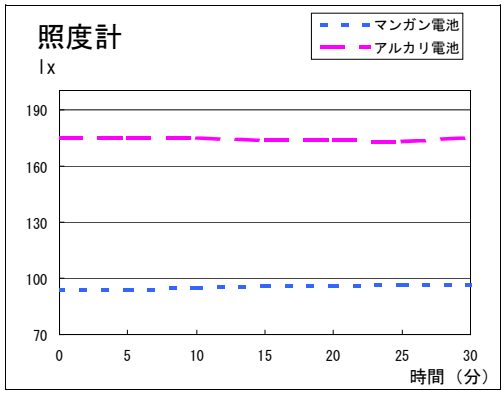
目的：観測機器の連続使用により、LED の光の強さに変化がないかを確認した。
方法：この調査は暗室で行い、LED の光をつけたまま固定し照度計で測定した。
この測定も 5 分間ごとに 30 分間行った。

表２

照度計

時間(分)	アルカリ lx	マンガン lx
0	175	94
5	175	94
10	175	95
15	174	96
20	174	96
25	173	97
30	175	97

図６



縦軸は LED 光の明るさ、横軸は測定時間をとっている。アルカリ電池もマンガン電池も、時間による光の強さの変化はほとんどないことがわかった。また、アルカリ電池の方が光量が強いことも確認できた。

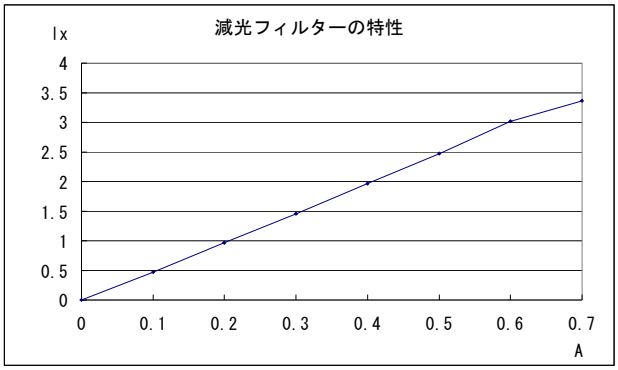
３－３　ＬＥＤ光と減光フィルター

目的：Green Filter に取り付けた減光フィルターの減光量と、LED 光量の関係を測定した。
方法：減光フィルターを照度計と LED の間に置き LED の電流値を 0.1A ずつ上げていき、減光フィルターを通した LED 光の強さを照度計で測定した。

表３

A	Lx
0	0
0.1	0.47
0.2	0.97
0.3	1.45
0.4	1.97
0.5	2.47
0.6	3.02
0.7	3.36

図７



結果：図 7 の縦軸は減光フィルターを通した LED 光の強さで、横軸は LED の電流値となっている。これを見て分かる様に LED 光に流れる電流と減光フィルターを通した LED の光の強さは、比例の関係となっており、減光フィル

ターによる減光の割合は一定であることが確かめられた。

３－４　パイプ内部のＬＥＤ光の反射

目的：製作過程でさんざん苦労させられたパイプ内部の光の反射の有無について測定した。天体望遠鏡を見てみると、筒の内部にも光の反射がなくなるように加工が施されている。これは、実際に観測した場合、パイプ内部の光の反射があれば観測結果に影響するからである。そこで、フェルトを張り付け、本当にパイプ内部の光の反射はなくなったかを確認した。

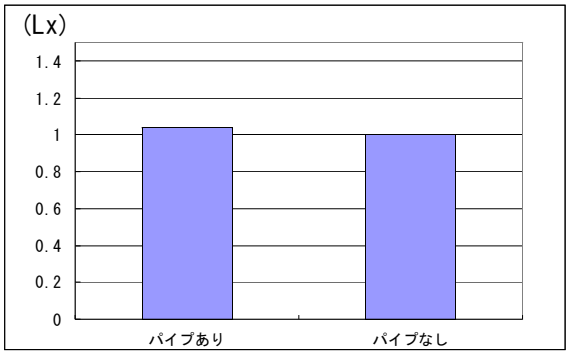
方法：パイプ内部を通したLEDの光と、パイプを通さなかったときのLEDの光を照度計で測定した。

結果：パイプ内を通した時と通さなかった時の照度計の値の差は0.04ｌｘであった。このことから、パイプ内部の光の反射はほとんどないことがわかった。

表４

パイプあり	パイプなし
1.04Lx	1.00Lx

図８



３－５　光の強さと電流値

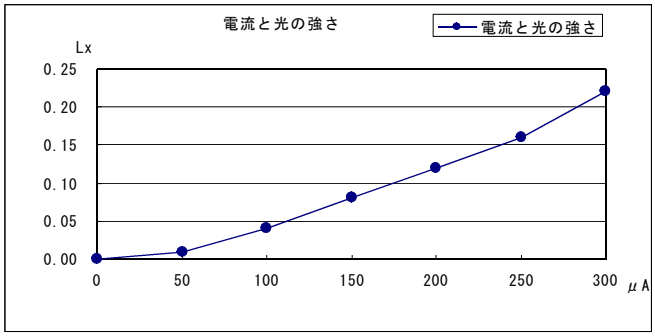
目的：今までの特性評価の中でも特に重要で、実際に観測した結果の基準となる電流値とLEDの光の強さとの関係を調査した。

方法：LEDの電流値をテスターで測りながら50μAずつ上げていき、照度計でLEDの光の強さを測定した。

表５

μA	Lx
0	0
50	0.01
100	0.04
150	0.08
200	0.12
250	0.16
300	0.22

図９



結果：図９に示した縦軸はLED光の明るさ、横軸は電流である。見ての通り、電流値とLED光の明るさは比例関係となっている。

３－６　特性調査のまとめ

以上の結果をまとめると、以下の通りになる

・－１２℃～３８℃の中での連続使用は問題はない。
・電圧、電流を考えると、アルカリ電池の方が良い。
・LED光の強さは時間が経ってもほぼ一定である。
・減光フィルターの特性に問題はない。
・観測パイプ内部の光の反射は、ほとんどない。
・電流値と光の強さは比例している。

よって、この装置を使って夜天光の明るさを、
電流値として数値化できると言える。

４．観　測

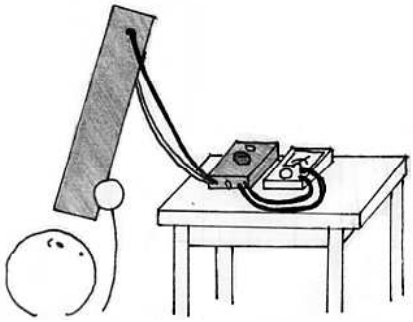
４－１　観測の手順

１　周囲に街灯のない場所に三脚を置き、観測パイプをセットする
　※ 余分な光が入らないようにするため

２　街灯の光などが入ってデータを狂わせないよう、観測パイプを天頂付近に向けて見る。

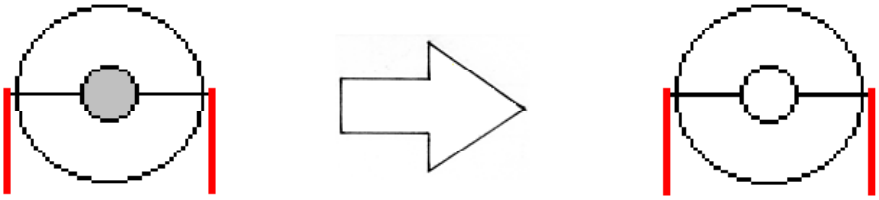
３　暗闇で目を慣らす。
　※ 私たちは黒いサングラスをかけ5分間暗闇で目を慣らすようにした。

４　LEDの消灯を確認する。

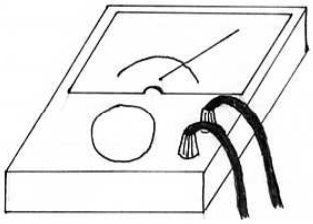


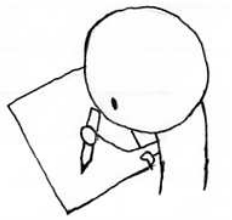
５　LEDの光を可変抵抗で調節して、消灯状態から少しずつ明るくする。
　※ 目を慣らしたことが無駄にならないよう、明るくしたLEDを暗くすることは避ける。

６　LEDの明るさと夜空の明るさとを、目測で同じぐらいに合わせる。



７　この時の電流値を読み雲量、温度、湿度なども同時に記録する。





※ 記録時などは目に刺激を与えないようにするため、赤セロファンを貼った照明を用いる。

※ 観測は同じ場所で二回以上行い、データのバラつきがないかを確認する。

４－２　二つの方向性

観測には二つの方向性が考えられる。

・定点連続観測

観測場所を定めて、継続して観測する。何度も観測を行っていると、観測結果の変動が見られるはずである。これにより、空気の澄んでいる日、塵などが多い日がわかる。

・各地同日観測

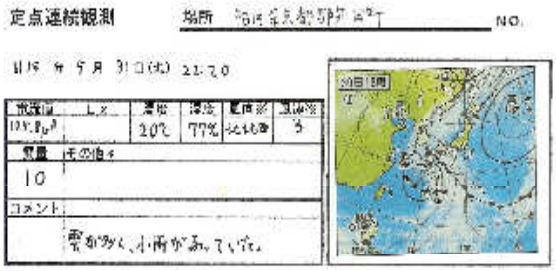
都市部、郊外、山間部など、様々な場所で同一日に観測する。観測結果を比べると、空の明るい所、暗い所がわかる。これによって、大気中に散乱の原因となる物質の多い少ないが分かる。

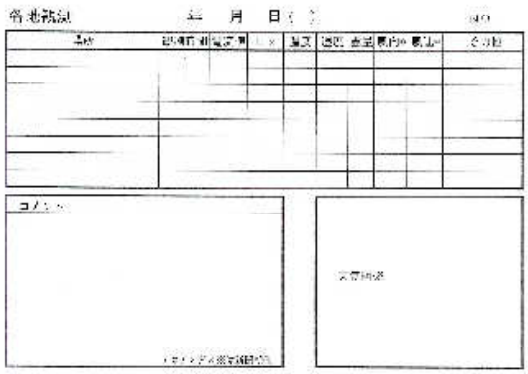
４－３　データシートについて

データシートに記入する項目は

日時、場所、雲量　→　記録
電流値、温度、湿度→　計器を用いて記録
Lx　→　後で計算して求める
風向、風速　→　アメダスを参照
その他　→　新聞やニュースで見た警報・注意報を記録
コメント　→　その日の天候について気がついたことを記録
天気図　→　観測した翌日の朝刊を切りとって付ける

※各地同日観測のデータシートは定点連続観測のものと同じ。
しかし、複数の場所について記録する点だけが異なる。





５．観測結果

５－１　定点連続観測概要

観測で測定した光の強さと、気温、温度、水蒸気量、風速、雲量がどのように関係しているか。また新たに収集した光の強さとＳＰＭを概要として考察する。

サンプルとして 2003 年 5 月 7 日～ 5 月 25 日、福岡県田川郡香春町、2003 年 4 月 7 日～ 5 月 1 日、小倉南区下吉田、2004 年 8 月 1 日～ 8 月 16 日、八幡東区景勝町で観測したデータを元にして検討した。

①　光の強さと気温

図 10 は、光の強さと気温をグラフ化したものである。このグラフの傾向として、気温が上がると光の強さは下がり、逆に気温が下がると光の強さは上がっている。

これは気温と湿度の関係で、気温が上がると湿度は下がり、気温が下がると湿

度は上がるためであると考えられる。

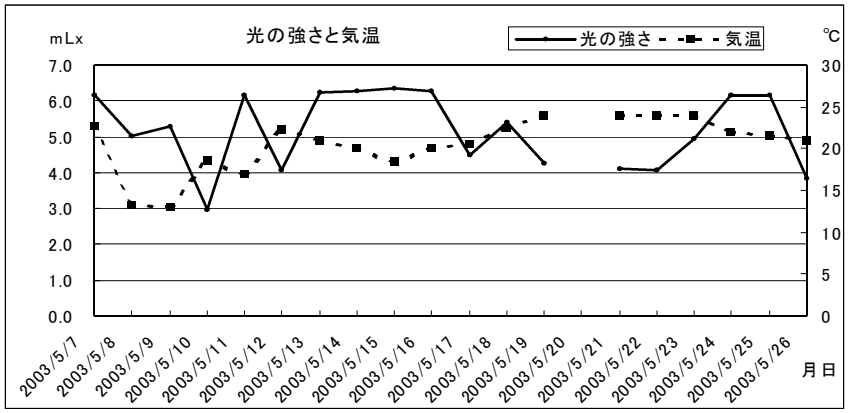


図１０

②　光の強さと湿度

図 11 は、湿度と光の強さをグラフ化したものである。このグラフにおいて、湿度が上がるとそれに応じて光の強さも上がり、逆に湿度が下がると光の強さも下がる傾向が認められる。

これは空気中の水分に光が当たり乱反射したためと考えられる。

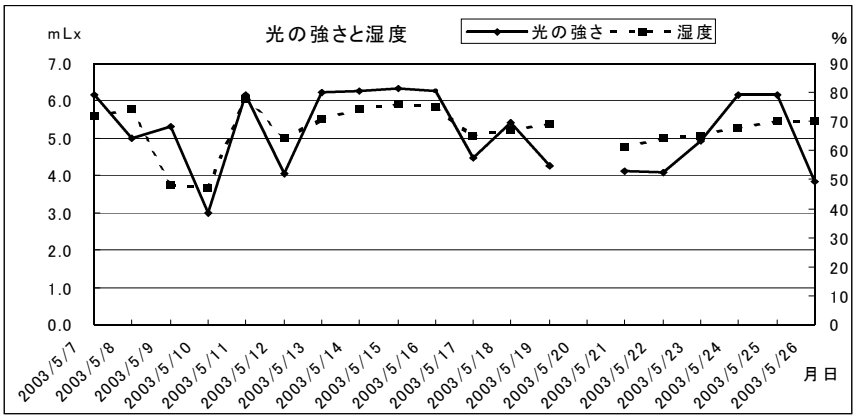


図１１

③　光の強さと水蒸気量

図 12 は光の強さと水蒸気量のデータをグラフ化したものである。水蒸気量は気温と湿度のデータから計算した。このグラフの傾向として、水蒸気量が上がると光の強さも上がり、逆に水蒸気量が下がると光の強さは下がっている。これは空気中の水蒸気に光が当たり、散乱、乱反射したためと考えられる。

なお、８月１３日、１５日に光が強いのは雲量によるもので、水蒸気量より雲量が光の強さには大きく影響していることがわかる。

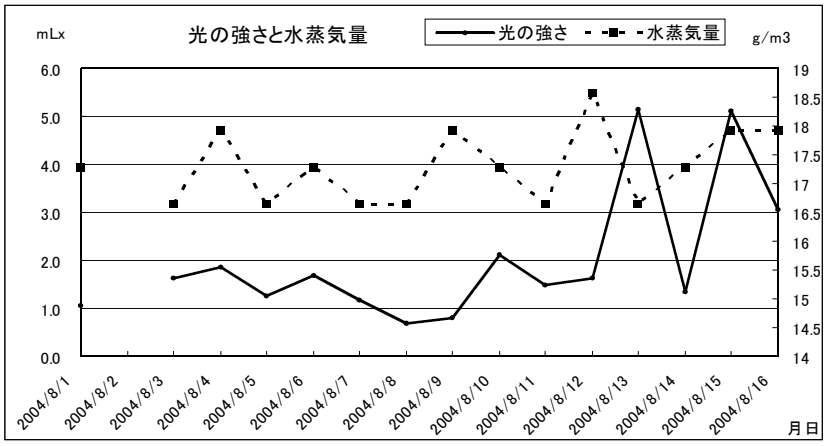


図１２

④　光の強さと風速

図 13 は光の強さと風速をグラフ化したものである。５月１０日のように風速が遅いと光の強さも下がる時や、５月１２日のように風速が速いと光の強さが下がる時が存在する。

これは、風が空気中の光を乱反射させる物質を飛ばしたり、舞い上げたりすることと関係していると考えられる。よってデータ項目として風速は、風向とともに必要と考える。

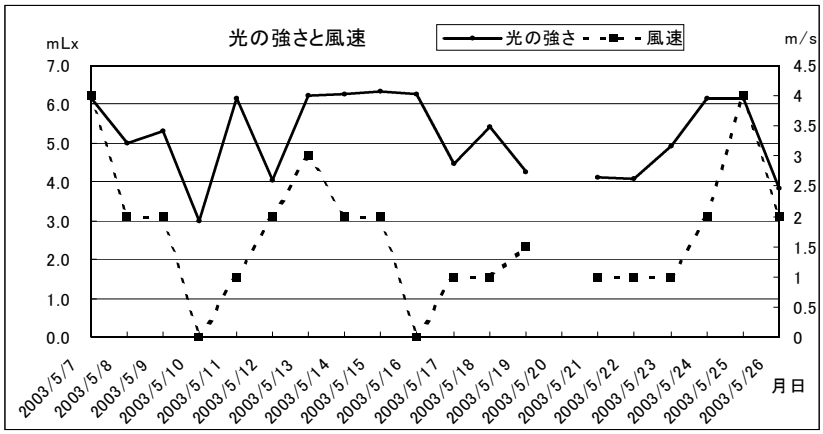


図１３

⑤　光の強さと雲量

図 14 は光の強さと雲量のデータをグラフ化したものである。このグラフにおいて、雲量が多くなると光の強さも上がり、逆に雲量が少なくなると光の強さも下がっている。

これは光が雲に当たり乱反射するためであると考えられる。雲量は相対的な数値であるが、光の強さと非常に強い関係が認められ、データとしてきわめて重要である。もし夜空の明るさを純粋に求めるなら、雲量の多い時は観測を避ける様にしたほうが良い。

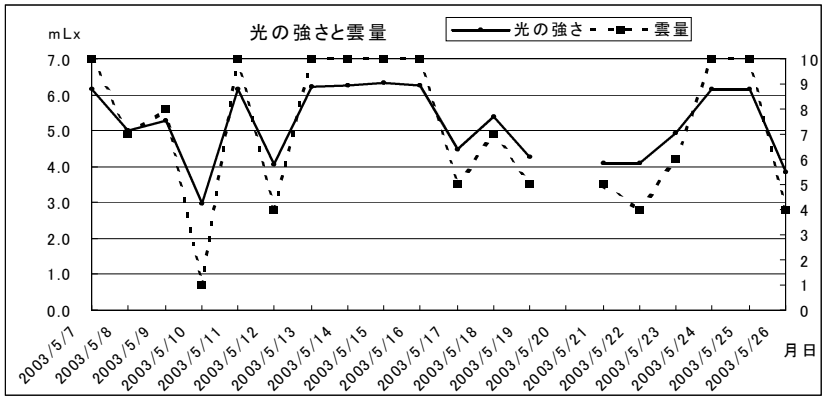


図１４

⑥　光の強さとＳＰＭ

図 15 は光の強さとＳＰＭのデータをグラフ化したものである。

ＳＰＭ（Suspended Particulate Matter）とは大気中にある直径 10μm未満の浮遊粒子状物質のことで、北九州市では、21ヶ所で毎時間ごとに連続して観測されている。大気中のＳＰＭが多いと光の散乱・反射が多くなることが予想され、空が明るくなるはずである。自作したＬＥＤ機器にこのＳＰＭが反映されているかを検討する。

グラフにおいて、全体的な傾向として、ＳＰＭの値が高くなると光の強さも上がっている。このことより、ＳＰＭと光の強さは、なんらかの関係があると考えられる。なお、２月５日はＳＰＭの値が高いにも関わらず、光の強さが低くなっている。ＳＰＭは風が吹いていたり、近くで焚き火などがあるだけでも、急な変動をするデータなため、これは例外とする。

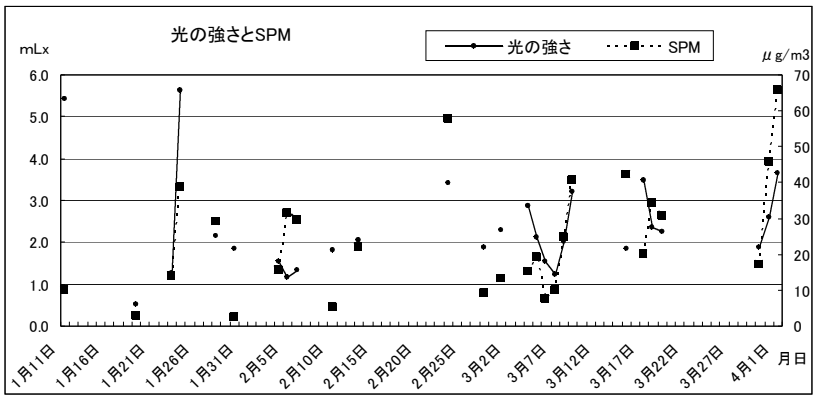


図１５

⑦　まとめ

以上のことより、ＳＰＭの値が高くなることで光の散乱・反射する量が多くなり、空の明るさに反映されていると考えられ、我々の自作機器には目に見えないＳＰＭを感知する能力があり、さらに、自作機器を使用して夜空の明るさを観測することで、大気汚染の状況を知ることができることが証明されたと言える。

なお、北九州市環境局環境対策課から提供された資料に基づいて、考察したが、我々の観測地点とＳＰＭ観測地点が一致しておらず、できるだけ観測地点に近いＳＰＭのデータを用いた。さらに、我々が観測した時間帯に近い、２１時～０時

までの４時間のＳＰＭデータを平均し、ＳＰＭの値とした。

また、地表付近にあるＳＰＭのデータで考察しているため、上空でも同じようにＳＰＭが存在しているかどうかは、不明である。今後の課題としたい。

追記

右図は昨年の篠崎での光の強さと SPM のデータである。ちょうど一日ずつずれて相関している。今回の観測では、光の強さとＳＰＭが全くと言っていいほど同じ傾向だったが、このグラフの観測結果も無視できない。風向き等、気象現象との関係なのか、興味深い現象である。

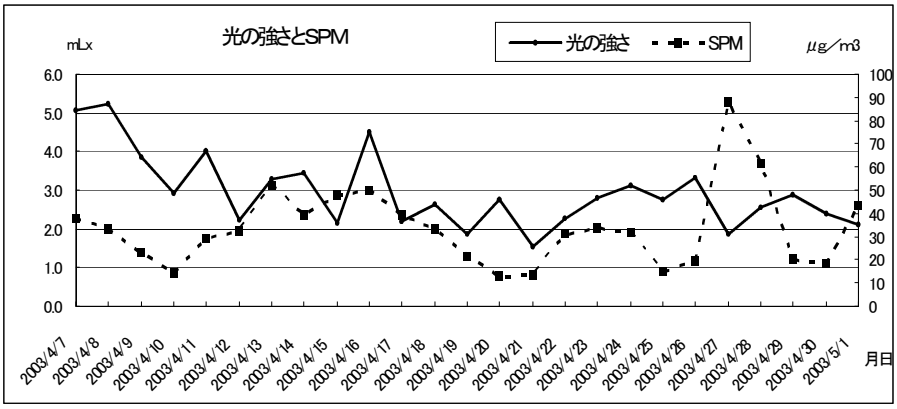


図１６

湿度、気温、水蒸気量、風速、雲量、ＳＰＭは、いずれも光の強さと関係がある。よってこれらのデータを今後も測定していきたいと思う。また、ＳＰＭデータを、今後も入手していきたいと思う。

なお、純粋に夜空の明るさとして日本各地のデータ比較、また、連続観測をする際は、雲が光を乱反射させるため、特に雲量に注意を払う必要がある。つまり曇りの日のデータと晴れた日のデータを混在させてはいけない。

５－２　定点連続観測データ

具体的なデータについては「定点連続観測データ　資料編」参照

５－３　夜空の明るさを決める高さについて

①　はじめに

次の二つのことが分かっている。

◎　私達が測っている湿度は“地表付近のものなのに”、湿度に比例して光の強さが変化している
◎　私達が得ているＳＰＭのデータは“地表付近のものなのに”、ＳＰＭに比例して光の強さが変化している

以上のことから『夜空の明るさ』とは「地表に近い所で決まるのでは」と仮説を立てた。そこで観測の場所として、晴れの日で風の弱い日を選んで北九州市にある八幡東区皿倉山、小倉南区平尾台、そして下関市の海峡マリンメッセで観測をした。

②　八幡東区皿倉山

図１７

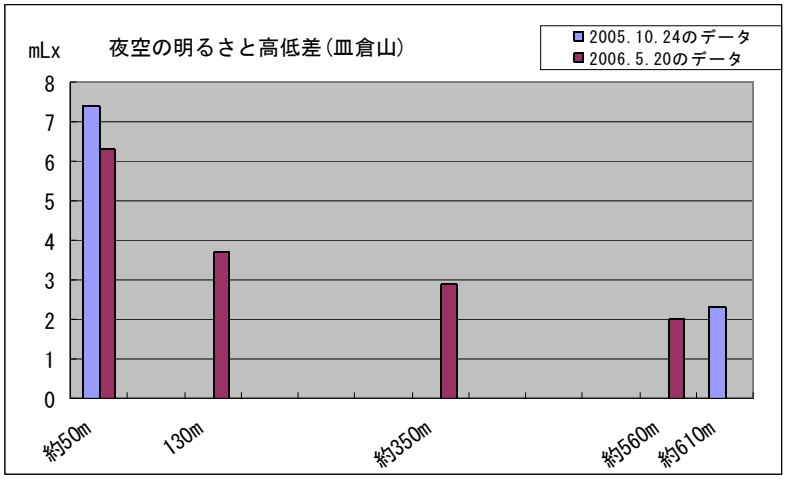


図 17 は、2005 年 10 月 24 日、皿倉山の麓（約 50ｍ）と頂上付近（約 610ｍ）で観測をした時の結果である。

麓 7.4mLx と頂上付近 2.4mLx では 560m の間に 5.0mLx も光の強さに差が出ている。

次に 2006 年 5 月 20 日の皿倉山の観測では、夏場で山頂が明るすぎたためやむをえず山頂直下の 560m 地点で観測を行い、麓 6.3mLx と 560m 地点の 2.0mLx では 510m の間に 4.0mLx の差が出ている。

なお、50m 地点は市街地に近く、山頂から水平に 2km 離れているので同じ大気の状態とはいえないかもしれない。

しかし、山麓ケーブル駅の 130m の 3.7mLx と約 560m の 2.0mLx と比較しても、夜空の明るさは標高差 430m の間に 1.7mLx ほど暗くなっている。

図１８

③　小倉南区平尾台

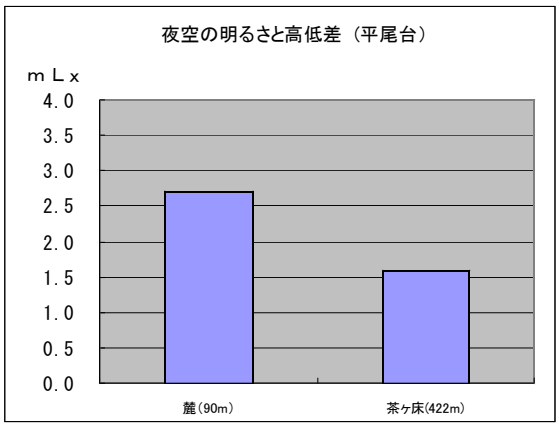
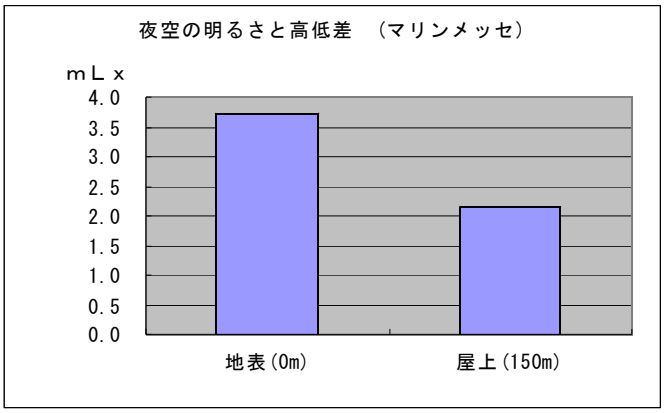


図 18 は 2006 年 5 月 22 日に平尾台の麓（90m）と茶が床（422m）で観測した時の結果である。麓では 2.7mLx、平尾台の茶が床では 1.6mLx で 330m の間に 1.1mLx の差がでている。なお、平尾台の麓の値が、皿倉山の麓の値より 1mLx ほど低いのは、市街地から離れていて周辺からの光が少なく、大気が澄んでいるためである。

④　下関市海峡マリンメッセ

図１９



次に 2006 年 9 月 20 日に、念願の垂直移動のみで観測することができる下関の海峡マリンメッセで、観測の許可を得ることができた。その時のデータが図 19 である。

地表（約 0m）では 3.7mLx。タワー屋上（約 150m）では 2.2mLx であった。地表と屋上の 150m の間に、光の強さに 1.5mLx の差がでている。

この値は垂直面だけの移動なので、純粋に高低差による夜空の明るさが違うデータと、言えるであろう。

⑤　まとめ

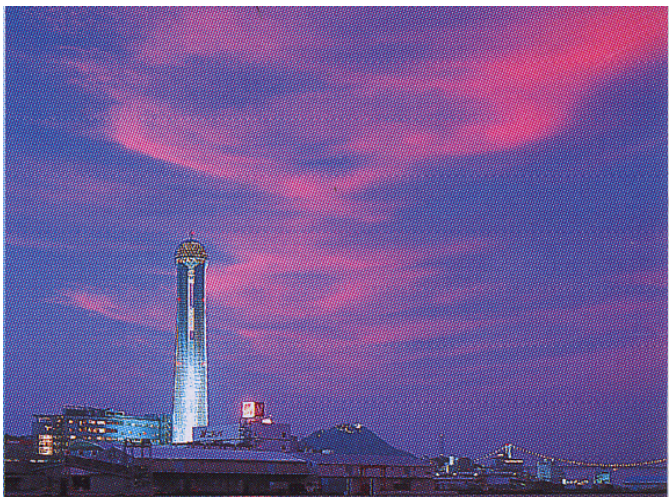
北九州市にある皿倉山、平尾台、そして下関市の海峡マリンメッセの観測をまとめると次のようになる。

下関の観測データは 1.00mLx/100m で変化しており、皿倉山、平尾台に比べて大きな変化率である。皿倉山平尾台の麓の高さが海峡マリンメッセの屋上に近い所にあるため、下関のような急激な変化が見られないのであろう。この地上～ 150m で夜空の明るさは大きく変化しているのかもしれない。

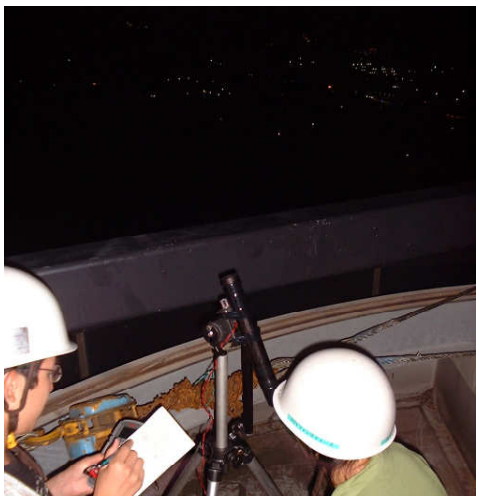
場　所	変　化　率
皿倉山	0.39mLx/100m
平尾台	0.33mLx/100m
下　関	1.00mLx/100m

実際、平尾台でキャンプを行った時、かすみのようなものが小倉の市街地にかかっているのが見えた。大気状態にもよるが、このかすみのようなものが夜空の明るさに影響を与えているはずである。そしてこのかすみより高い所では 0.3～0.4mLx/100m 程度で夜空が暗くなっているのかもしれない。

以上より「夜空の明るさ」は、はるか上空で決まっているのではなく、『地上から数百 m 以内で決まっている』と考えられる。



↑　下関海峡マリンメッセ
パンフレットより引用



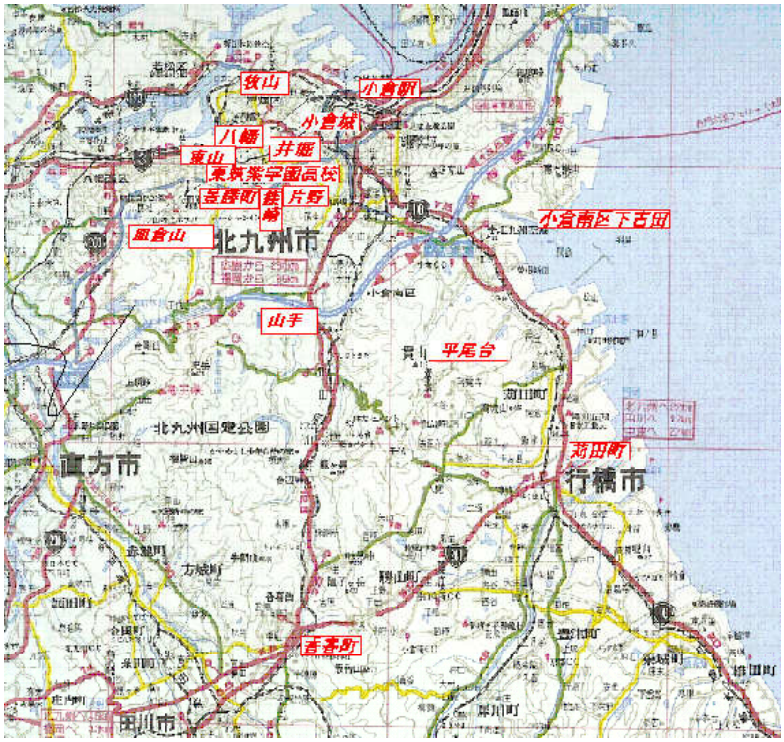
↑下関海峡マリンメッセ屋上（150m）で観測中

５－４　各地同日観測

図２０

以下の５回の日時、場所で各地同日観測を行い、このデータを元に各地の明るさの違いを比べた。

日時：2003年　8月23日　①
2004年　1月17日　②
2004年11月19日　③
2005年　7月23日　④
2005年10月24日　⑤
2006年　4月24日　⑥



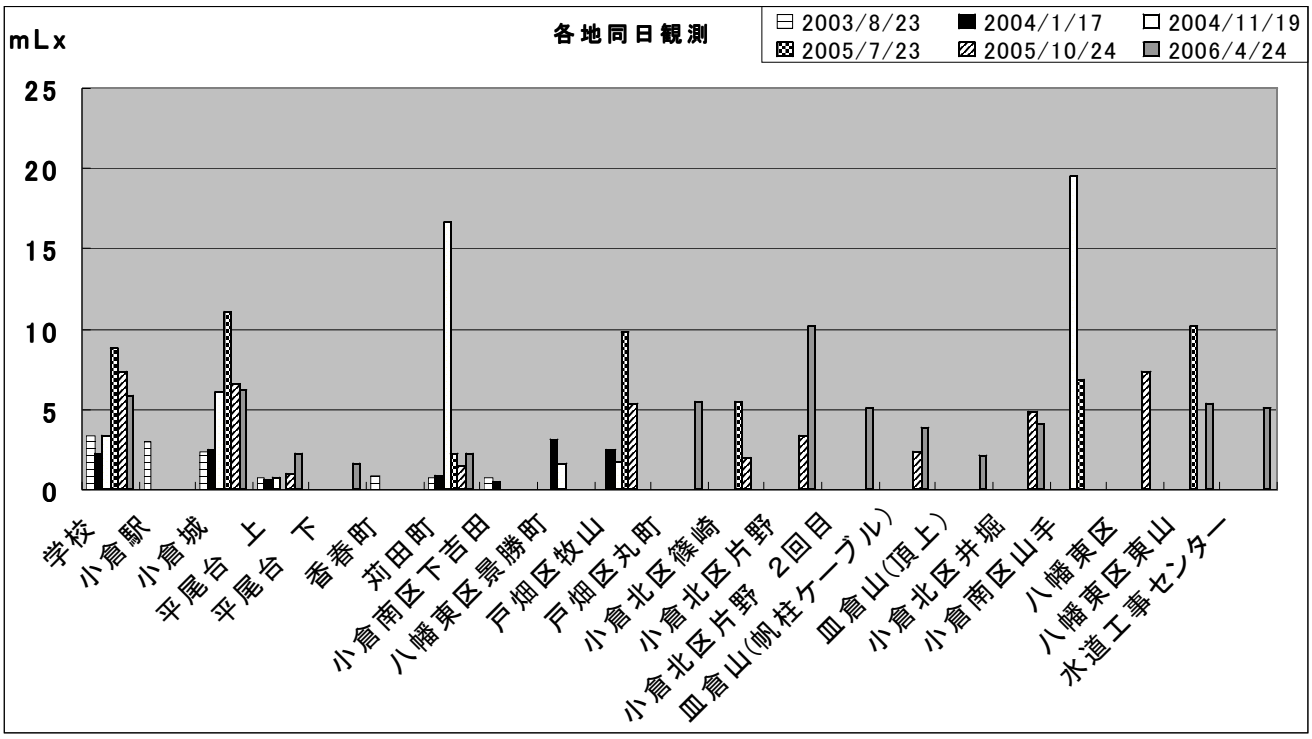
場所：

東筑紫学園高校①②③④⑤⑥
小倉駅　①
小倉城　①②③④⑤⑥
平尾台　①②③④⑤⑥
田川郡香春町　①
京都郡苅田町　①②③④⑤⑥
戸畑区丸町　⑥
八幡東区景勝町　③
皿倉山　⑤⑥
小倉北区井堀　④⑤⑥
小倉北区篠崎　④⑤
水道工事センター　⑥
小倉南区下吉田　①②
戸畑区牧山　③④⑤
小倉北区片野　⑤⑥
八幡東区東山　④⑥
小倉南区山手　③④
八幡東区　⑤

計１８ヶ所

図21は今までのデータを各観測ごとに平均したグラフである。

図２１



今までのデータの最高と最低

①最高	小倉駅	3.1mLx	
最低	平尾台	0.8mLx	
②最高	小倉城	2.3mLx	
最低	平尾台	0.5mLx	
③最高	小倉城	2.7mLx	
最低	平尾台	0.2mLx	
④最高	小倉城	9.6mLx	
最低	平尾台	1.6mLx	
⑤最高	小倉城	5.0mLx	
最低	平尾台	1.0mLx	①②③④⑤⑥平均
⑥最高	片野１回目	10.2mLx	最高　片野1回目　10.2mLx
最低	平尾台	2.0mLx	最低　平尾台　1.1mLx

図 21 を見ると、１回の観測の数値として一番明るかったのは小倉城の 9.6mLx で、５回の観測の平均は学校周辺が 4.2mLx で一番明るかった。これは市街地ということもあるが、それ以上に学校で観測したときに雲が多く、光が乱反射していたと考えられる。同様に一番暗いところが、平尾台の 0.8mLx であった。また、どの観測の時も小倉城周辺の方が、平尾台や苅田町よりも明るくなっているのは歴然としている。これにより小倉城周辺は、常に平尾台よりも明るいということになる。これは、小倉城周辺には散乱物質があり、平尾台は空が澄んでいるからである。

また、４回目の観測では戸畑区牧山や八幡東区東山など、ほとんどの場所で最高値が得られている。４回目の数値は異常に高いのだが、これは７月 21 日が満月で、その２日後に観測したためである。さらに下の表のように SPM の数値も高かったので、観測した値が高くなった。さらに、小倉北区井堀は観測者が未熟だったため、数値が高くなったと思われる。

５回目では、小倉城周辺ほどではないが、八幡東区も明るかった。これは曇りで、光が乱反射していたからだと考えられる。

SPM の値　（μ g/m^3）

	城野	北九州	戸畑
４回目	54.0	58.0	41.5
５回目	23.5	29.5	28.5

６回目は、日中に黄砂が肉眼でも確認でき、黄砂がどのように影響しているかを目的に各地同日観測を行った。７ヶ所の観測場所のうち４ヶ所で前回より高い値が得られ、黄砂によって夜空が明るくなることがわかった。

特に片野１回目で最高値がでた。なお、各地同日観測の終了まぎわ夜空が明るくなり黄砂が減った様に見えたので片野で２回目の観測を行った。

その結果が右の表で黄砂によって夜空が明るくなることがわかった。また、片野では１人初心者が観測を行ったので数値が高くなったとも考えられる。

黄砂の影響　（mLx）

	片野
１回目	10.19
２回目	5.07

次回からは定期的に黄砂の量を調べ夜空の明るさとの関係を調べていきたい。

５－５　光の強さの各地平均値比較

定点連続観測で観測してきたデータをもとに、各地の光の強さの平均値を求め、暗い順に並べたのが下の表である。

篠崎に注目すると１回目と２回目とでは平均値に差がある。これは、１回目に観測した時、雨や曇りの日が多く、２回目の時は晴れの日が多かったからだと考えられる。このことから雨や曇りの日も入れて平均値を求めると、正しい比較ができないため、晴れの日だけで並べた。

場　　所（観　測　日）	光の強さの平均値	
	全ての日	晴れた日
京都郡苅田町 - 3（2004 2/5 ～ 3/12）	1.5	1.4
京都郡苅田町 - 2（2004 2/5 ～ 3/12）	1.9	1.4
八幡東区景勝　（2004 8/1 ～ 8/16）	2.0	1.5
小倉北区篠崎 - 2（2004 5/10 ～ 6/7）	2.7	1.8
戸畑区牧山　（2004 11/18 ～ 12/12）		1.8
京都郡苅田町 - 1（2003 5/31 ～ 7/6）	3.0	2.0
小倉北区篠崎 - 1（2003 7/9 ～ 8/8）	6.9	2.0
小倉北区篠崎 - 3（2005 1/11 ～ 4/1）		2.2
小倉南区下吉田　（2003 4/7 ～ 5/1）	2.9	2.6
小倉北区井堀　（2005 8/16 ～ 10/18）		3.3
田川郡香春町　（2003 5/7 ～ 5/26）	2.5	3.7
門司区恒見町　（2003 3/18 ～ 4/6）	4.2	3.8
八幡東区東山　（2005 7/28 ～ 9/25）		7.4

（mLx）

また、参考として各地同日観測で観測した光の強さの平均値を求めた。

①2003　8/23　　②2004 1/17
③2004 11/19　　④2005 7/23
⑤2005 10/24

なお、各地同日観測の４回目は満月の影響、SPMの影響により高めの値が出ているため、この平均に加えていない。

また、観測する際の場所選定には付近の状況や、付近の建物からのサーチライトやライトアップなど、より慎重に場所を選定する必要がある。

小倉南区下吉田や田川郡香春町では高い数値が得られているが各地同日観測では数値が低かった。これは観測者が初心者だったので値が高くなったと言える。これと同様の事が門司区恒見でも言える。戸畑区牧山は次の項目で述べる

場　所	光の強さの平均
平尾台①②③⑤	0.6
小倉南区下吉田①	0.7
苅田町①②③⑤	0.8
田川郡香春町①	1.0
戸畑区牧山③	1.5
皿倉山⑤	1.7
小倉北区篠崎⑤	2.0
小倉城①②③⑤	2.8
学校①②③⑤	3.1
小倉駅①	3.1
小倉北区片野⑤	3.3
八幡東区⑤	3.5
小倉南区山手③	4.1
小倉北区井堀⑤	4.3

（mLx）

が個人差に問題があり小倉南区山手、小倉北区井堀も観測者が初心者なのでこのデータで絶対値を議論するには問題がある。

この LED 観測器を使って絶対値の話をするには、個人差を考慮する必要がある。

６．個人差問題

６－１　目　的

今まで一人一人の夜空の明るさの数値にはばらつきがあり、問題となっていた。そこでその個人差の問題を検討する。

６－２　方　法

学校屋上から観測者全員（６人～９人）で、同じ明るさを観測した。

予備調査と１～３回目は、北九州で最も目立つ皿倉山の頂上にＴＶ中継塔の照明を、４、５回目は、近くの外灯を、６回目は、４、５回目の外灯の近くの暗い明かりを見た。

なお、その際に、昨年までの経験から次の様な工夫をしている。

・５分間はサングラスをかけ、目の負担を軽くし、暗闇に目を慣らす。
・２回以上観測し、２回の値に大きな差がでた時はもう一度観測する。

６－３　結　果

図22は予備観測結果である。

最高は長野の　26.4mLx

最低は片岡の　10.2mLx

となり､この二人の差はなんと16.2mLx もあった。この観測を全国に広めるにあたっては、このままでは光の強さを絶対値で議論できないと考えられる。

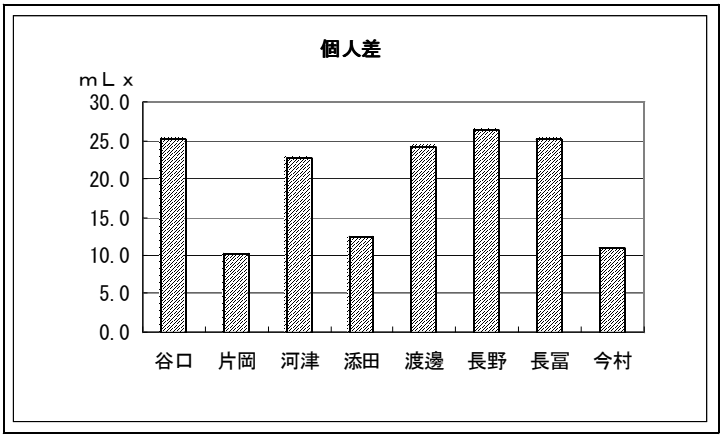


図２２

しかし、今回の計測結果を考察してみると、２つのグループに分かれている事が分かる。比較的数値の高いグループと、低いグループである。

高いグループは 22.8mLx ～ 26.4mLx と約± 6%の範囲内に収まっており、去年まで心配されていた個人差からは、かなり小さくなっている。個人差の問題は解消されたのかもしれない。

一方、低いグループは観測経験のまだ浅い人達であった。この観測には経験が必要である。なお、低いグループに属している今村に関しては初心者ではなく熟練者であった。これは、今村の他のデータでは値にかなりのバラつきがあることから、個人差と言うより、この LED 観測に性格的、及び体調面などの問題があるのかもしれない。

６－４　考　察

2005 年 12 月 19 日より、個人差の観測を計６回行い、熟練者の観測値の平均を基準とし、初心者の観測値と最大値と最小値を示したものが図23のグラフである。このグラフを見ると、初心者は、５、６回経験をつむと上級者との差が少なくなる。しかし、初心者の中にはあまり回数を重ねていなくても上級者と同じ値に近づいている人もいる。これは、人によって適性があるのかもしれない。

なお、３回目に差が広まったのは、２回目の観測時に上級者の体調が崩れて、値が低くなり初心者に近づいたからだと考えられる。値にバラつきがでてくる理由には、その時の体調の良し悪しも若干ながら関係してくると分かった。

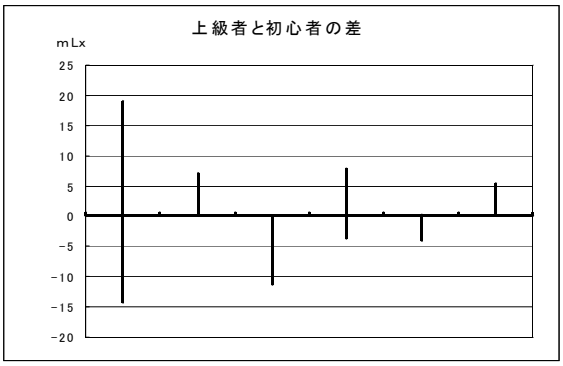


図２３

以上の事から、経験を重ねると、この個人差の問題はほぼ解消されるのではないだろうか。個人差の解消には“経験”が絶対的に必要である。

６－５　まとめ

個人差を小さくする工夫として、この LED 観測をする際には、次の事を必ず実施する必要がある。

・何回も観測をして、経験を重ねる。
・５分間はサングラスをかけ、目の負担を軽くし、暗闇に目を慣らす。
・２回以上観測し、２回の値に大きな差がでた時はもう一度観測をする。
・定期的に観測者の個人差の確認をする。

７．ホームページについて

今、私たち理科部では、ホームページを公開している。理科部の日頃の活動報告はもちろん、2003 年から続く『夜空の明るさ』の研究や、去年の九州大会発表でのメンバーの活動などを掲載している。また、『夜空の明るさ』の調査とともにこの福岡県高等学校理科研究発表会に出場している、『再生チョークの研究』も掲載している。

今後も、随時更新して、全国にこの調査を広げていこうと思う。

アドレス　　http://higashichikushi-rikabu.hp.infoseek.co.jp/index.htm

検索方法　　「東筑紫学園　理科部」をインターネットで検索して下さい。

ホームページ

８．今後の課題

今後の課題として、次のことが考えられる。

・　スターウォッチングの資料と比較できるようにする。

私達の観測では、単位として Lx を使っている。一方、スターウォッチングの資料では mag/□″（星の等級の単位）が使われている。このままでは比較できないので、mag/□″が何 Lx に相当するかを検討したい。

そのために、Astro-HS のホスト校として西日本各校から送られてきた「夜空の明るさ」の写真データを分析することになった。写真分析をすることで mag/□″と mLx の単位換算をしたい。

・　ＳＰＭと夜空の明るさ

私達の自作機器が目に見えないＳＰＭを感知する能力があることは証明されたと考える。今後は、私達の観測値からＳＰＭの水平、垂直面の動きを観測できないか検討したい。そのためには、これからも継続して北九州市と協力していきたい。

・　各地同日観測

今まで各地同日観測の結果を表とグラフにまとめた。

しかし、より精密に各地同日観測を行うことで、北九州市近辺の1/5万スケールの等光度曲線地図（夜空の明るさの等値曲線地図・コントマーマップ）を作りたい。

・　黄砂と夜空の明るさとの関連

北部九州の特質をいかして、黄砂がどのように「夜空の明るさ」に影響を与えるのかを調べたい。過去に先輩達が黄砂との関係を調べようとしたが、データが手に入らなかったのでその関連性がわからなかった。自分達で黄砂の量が測れる自作機器を製作するなど、検討したい。

おわりに

今回までの研究で、私達の自作機器が「夜空の明るさ」を数値化できていることが確認できた。小倉は、カルスト台地で有名な平尾台の4.8倍明るかった。

そして、「夜空の明るさ」は遥か高い上空で決まるのではなく、地表～数百mに最も影響を受けていることを、データと共に証明できた。

今後も東筑紫学園高校理科部天文班は、今回作成した機器を使った観測を続けていきたい。そして、光の強さと大気中の浮遊物質との関連性や、黄砂・風向が「夜空の明るさ」に与える影響も数値化できると考えている。

また、各地同日観測をより精密に実施し、北九州市近辺の1/5万スケールの等光度曲線地図(夜空の明るさの等値曲線地図・コントマーマップ)を作りたい。

それと同時に、理科部のホームページによって、全国にこの調査を広めていきたい。ちなみに、今回作成した機器は、コストもかからず手軽にできるものであり、ぜひ皆さんにもこの調査に参加していただきたい。

多くの人々はエネルギーが無駄使いされている現状を知らない。無駄なエネルギーは地球温暖化や異常気象など、様々な環境問題をひき起こしている。夜空を測定することで大気汚染の進行状況などがわかれば、環境問題の解決策も見つかるかもしれない。この画期的な調査方法が日本に定着することを願っている。

この５年間にわたる「夜空の明るさ」の研究では、「物事を研究するというのは、どういうことなのか」ということを学んだ。誰もやったことのないことを自分達で研究し、さらに発表という形で、他の人々に伝えるという経験は、普段のどんな授業よりも重要かつ貴重な経験であった。

幸い、九州大会で４度にわたり発表した結果また、2006年天文学会ジュニアセッションでいろいろな先生方からアドバイス、そして高い評価をいただいたことが、私達にとって最高の名誉だと思う。

メンバー

Ｓ３－Ｄ	長冨　紗良
Ｓ３－Ｂ	内田　　宙
Ｓ３－Ｅ	今村　譲二
Ｓ２－Ｂ	谷口　和成
Ｓ２－Ａ	長野　櫻子
Ｓ２－Ｄ	添田　陽平
Ｌ２－１	河津　誠二
Ｆ１－１	土井　　毅
Ｊ３－Ａ	延山　龍介
Ｊ２－Ａ	江田　　誠

参 考 文 献

・ Gote Flodqvist,A Simpre Dark-sky Meter,Sky ＆ Telescope（Feb.2001）, pp.138-140

International Dark-Sky

・ **公 害 防 止 条 例**
http://www.town.bisei.okayama.jp/bao/kogai/index.html

・ **美 星 町 公 害 防 止 条 例**
http://www.town.bisei.okayama.jp/town/kogai/kogaijou.txt

・ **わ か ば だ い 天 文 同 好 会**
http://www.2abiglobe.ne.jp/~wakaba/wakaba-j.htm

・ **イ ン タ ー ナ シ ョ ナ ル ダ ー ク ス カ イ 協 会**
http://www.darksky.org

・ **Toss イ ン タ ー ネ ッ ト ラ ン ド**
http://www.tos-land.net

・ **北 九 州 市 環 境 局 環 境 対 策 課　未 発 表 資 料 （ Ｓ Ｐ Ｍ 値 ）**

第50回 読売 日本学生科学賞

夜空の明るさ Ⅴ
～自作観測器による
夜天光の研究～

発行日：2006年10月5日

編集者：谷口 和成

発行者：長野 櫻子［天文班リーダー］

発行所：東筑紫学園高等学校・理科部

福岡県北九州市小倉北区清水 4-10-1
〒 803-0841　　TEL 093（571）0488