

福岡県高等学校生徒物理・地学研究発表大会

夜空の明るさ

～自作観測器による
夜天光の研究

2002h14.12.7.

東筑紫学園高等学校

理 科 部

目 次

はじめに	P. 1
1. 光害とエネルギーの浪費	P. 2
2. 観測機器の製作	P. 4
2-1 LED電圧調節部	
2-2 観測パイプ	
2-3 電圧測定部	
3. 特性評価	P. 7
3-1 温度による電圧変動と時間	
3-2 LED光の強さと時間	
3-3 パイプ内部のLED光の反射	
3-4 光の強さと電圧	
4. 観測方法	P. 12
4-1 観測方法	
4-2 観測結果の利用	
4-3 お願い	
おわりに・参考文献	P. 14

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、私達の先輩が「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、結果的に私たち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で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。

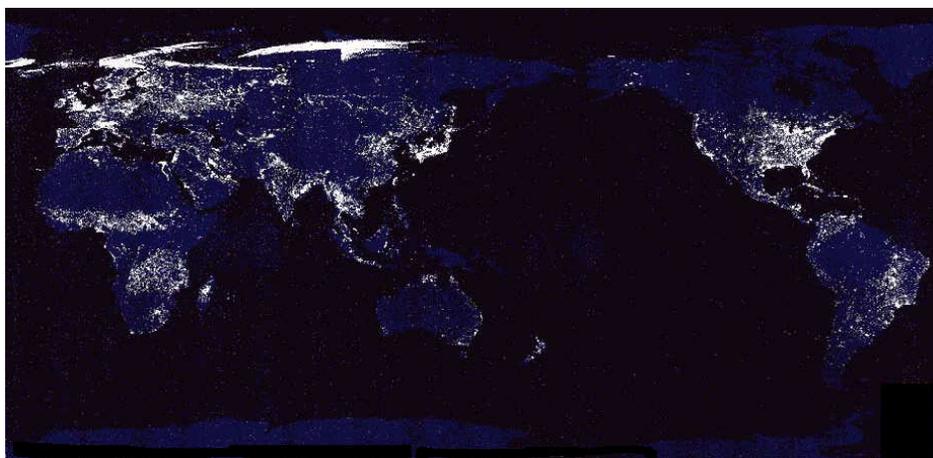


図 1

<http://www.tos-land.net>

私達は、光があるおかげで、暗い夜も普通どおり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。

実は日本では、多くの光が有効利用されないまま、無駄に宇宙に向けられている。その光のエネルギーをお金に換算すると、年間で2000億円にもなるらしい。

さらに、宇宙へ放出されている無駄な光は、動植物に害を及ぼす。そればかりでなく、星を見えにくくし、私達が満天の星々を観測したり、天の川に感動する機会をも失わせている。自然の生態系だけでなく、我々の宇宙への探究心までもが破壊されているのである。

私達はこの実態をたくさんの人に知ってもらいたいと思うようになった。そこで、近辺の光がどれくらい宇宙へ向けられ、またそれにより、どれくらいの影響が出るのかを調査することにした。

1. 光害とエネルギーの浪費

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ったりする。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、動植物に影響が出たりする。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のである。いってみればこれは光害ではなからうか。

※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、空気中の分子や塵〔図2〕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。



大気中の汚れが多いほど光の散乱、反射が激しくなり、明るくなる

〔図2〕

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ということになるのである。

また、エネルギーの浪費の実例をあげる。街灯や駐車場に使われている照明の光は〔図3〕の左の絵を見ればわかるが、あらゆる方向を照らしている。しかし、本来必要なのは地上を照らしている部分だけである。これは全体のわずか40%にしか当たらず、残りの60%は空気中に放出されているのである。

なお、カバーを付けることでエネルギーを効率よく利用することができる。

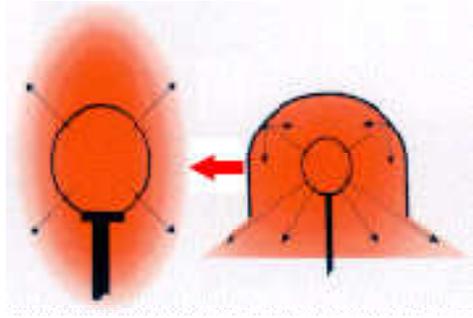


図 3

ちなみに、エネルギーの電気から光への変換効率を考えると、白熱灯では全体の5%、蛍光灯では全体の25%しか光の発生に使われていない。残りの75~95%は熱として変換・放出され、光にはならないのである。

また、日本はほとんどが火力発電のため、発電するのに化石燃料を大量に消費している。このときに二酸化炭素が大量に放出され、地球温暖化にもつながっているのである。

エネルギーの無駄が環境問題にもつながっていることを知らない人が多く危機感があまりないようである。室内照明の50%が無駄になっているデータもある。そこで、岡山県美星町のように照明設備の新設、改造、取り替えにかかった費用の2/3までを補助するなどの無駄になっている光を有効活用するための条例を定めている自治体も出始めたが、その数はまだ少ない。

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（①LED電圧調節部、②電圧測定部、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 電圧調節部

この機器の中には簡単な回路が入っており、下記の材料で図4の通りの回路を作った。可変抵抗が入っており、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
- ・ 配線
- ・ 6P 電池
- ・ ケース
- ・ スイッチ 2つ
- ・ 抵抗

150k Ω 1.2k Ω

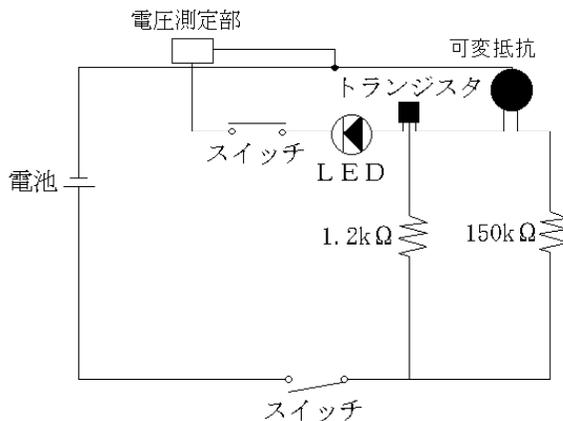


図 4

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。今まで半田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 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 30mm 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 250mm になった。

$$30 \div 2 = 15$$

$$15 \div \tan 3.5 \div 250$$

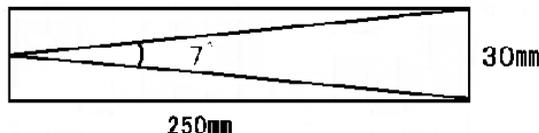


図 5

次にそのパイプにLEDとGreen Filter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、夜空を天体望鏡で見ると、背景の空が緑色がかって見えます。

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。

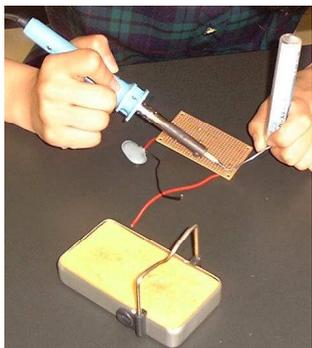
取り付けはパイプの端に Green Filter を、それよりも少し内側に LED を取り付ける。

2-3 電圧測定部

これは学校で使っているテスターである。可変抵抗の電圧の最大が 3V 未満なのでテスターの測定範囲は 0V ~ 3V にする。観測したとき、この電圧値を読み取って記録する。

実際に製作している様子

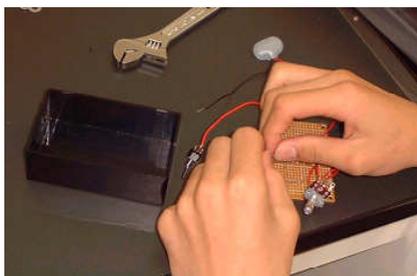
1. 半田で材料を付ける



2. ケースに穴を空ける



3. 組み立てた後



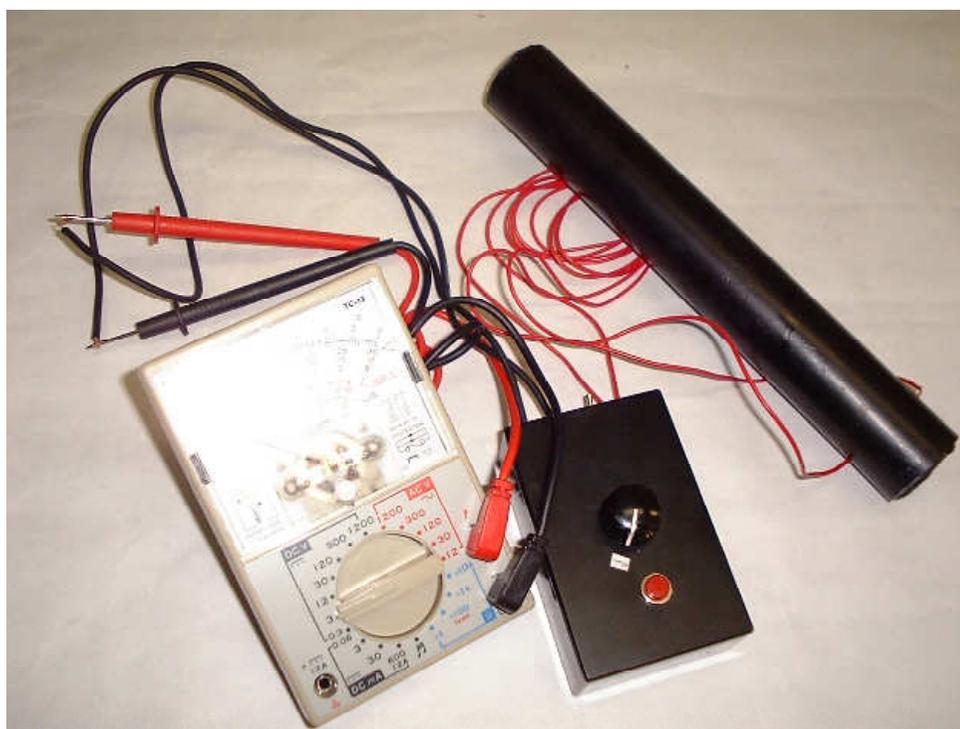
4. パイプに穴を空ける



5. パイプの内部にボンドでフェルトを貼る



6. パイプに LED と Green Filter を付けて完成



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。

測定結果

表 1

冷凍庫 (-12℃)

時間(分)	マンガン		アルカリ	
	気温(℃)	電圧(V)	気温(℃)	電圧(V)
0	-14.0	2.85	-11.5	2.65
5	-12.4	2.85	-13.0	2.65
10	-12.9	2.85	-14.0	2.65
15	-13.0	2.85	-14.7	2.65
20	-13.5	2.85	-15.4	2.65
25	-13.7	2.85	-15.9	2.65
30	-13.9	2.85	-16.2	2.65

図 6

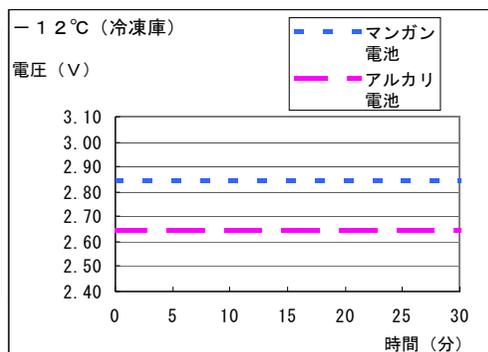


表 2

5℃ (冷蔵庫)

時間(分)	マンガン		アルカリ	
	気温(℃)	電圧(V)	気温(℃)	電圧(V)
0	17.4	2.75	12.7	2.65
5	14.4	2.75	7.9	2.65
10	16.1	2.75	5.9	2.65
15	14.0	2.75	6.2	2.65
20	13.8	2.8	5.6	2.65
25	15.8	2.8	6.2	2.65
30	14.8	2.8	8.5	2.65

図 7

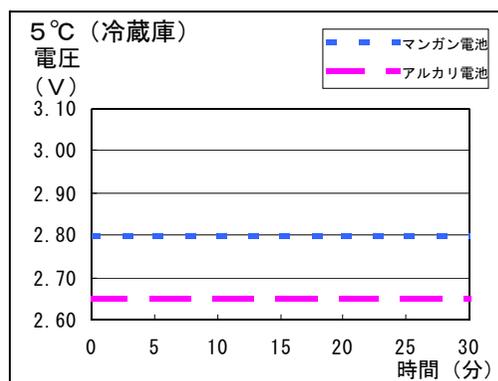


表 3

14℃ (野菜室)

時間(分)	マンガン		アルカリ	
	気温(℃)	電圧(V)	気温(℃)	電圧(V)
0	13.0	2.90	14.3	2.99
5	13.4	2.90	14.4	2.99
10	14.6	2.90	14.0	2.99
15	15.2	2.90	14.0	2.99
20	14.8	2.90	14.3	2.99
25	16.5	2.90	14.3	2.99
30	14.3	2.90	14.3	2.99

図 8

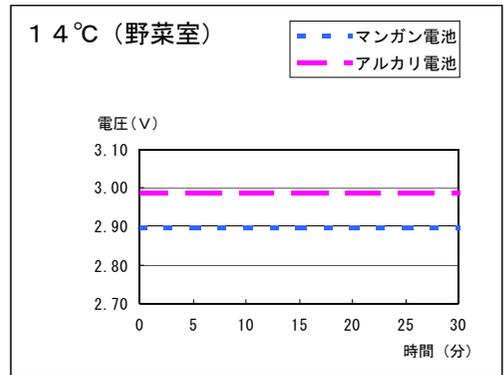


表 4

23℃ (室内)

時間(分)	マンガン		アルカリ	
	気温(℃)	電圧(V)	気温(℃)	電圧(V)
0	23.0	2.85	22.2	2.95
5	23.0	2.85	22.8	2.95
10	23.0	2.85	23.5	2.95
15	23.0	2.85	22.9	2.95
20	23.0	2.85	23.2	2.95
25	23.0	2.85	23.2	2.95
30	23.0	2.85	22.8	2.95

図 9

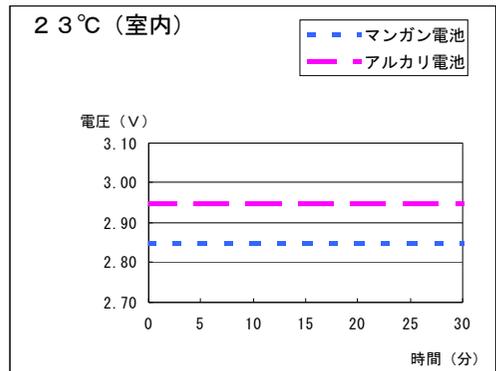


表 5

38℃ (屋外)

時間(分)	マンガン		アルカリ	
	気温(℃)	電圧(V)	気温(℃)	電圧(V)
0	37.4	2.90	38.8	3.00
5	38.0	2.90	38.0	3.00
10	39.4	2.90	38.1	3.00
15	38.2	2.90	37.8	3.00
20	38.2	2.90	39.2	3.00
25	37.5	2.90	37.8	3.00
30	37.7	2.90	37.1	3.00

図 10

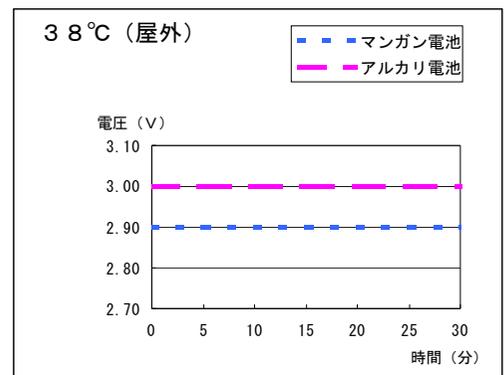


図6～10は縦軸に電圧、横軸に時間をとっており、 -12°C （冷凍庫）、 5°C （冷蔵庫）、 14°C （野菜室）、 23°C （室内）、 38°C （屋外）の条件で測定した結果である。

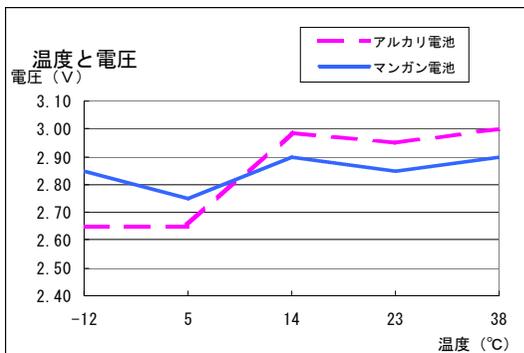
その結果、図6～10を見てもわかる通り時間の経過による電圧の変化は見られなかった。また、図6～10の結果を電圧と温度の面からアルカリ電池とマンガン電池を比べてグラフにしたのが図11である。縦軸に電圧、横軸に温度をとったもので、電池の種類によって温度変化による電圧変化があるかを確認した。

表6

5 $^{\circ}\text{C}$ （冷蔵庫）

時間(分)	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	2.9	3.00

図11



この図11から、常温域ではアルカリ電池の発生する電圧はほぼ3.0Vで、測定では好ましい結果になっている。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ことがわかる。そして、これらの結果からLEDの電圧変動はどんな温度下(-12°C ～ 38°C)でも30分程度の時間経過では問題はないが、アルカリ電池の場合は温度低下に注意する必要があると言える。

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。

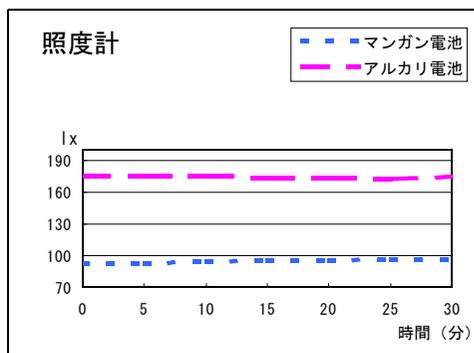
この測定も5分間ごとに30分間行った。

表7

照度計

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

図12



縦軸はLED光の明るさ、横軸は0～30分の時間である。少々の変動はあったが、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ということがわかった。また、アルカリ電池の方が光力が強いことも確認できた。

3-3 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調査した。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た。これは、実際に観測した場合、もしパイプ内部の光の反射があれば観測結果に影響すると思われたからである。そこで、最初につや消し塗料を塗ってみたが光の反射はなくならなかった。次に炭酸マグネシウムを塗料に混ぜた。しかしつやは完全になくなったが反射は残っていた。最後に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。

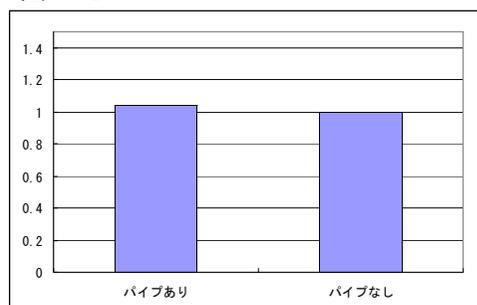
結果：表8 図13

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0.04 Lxしか見られなかった。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8

パイプあり	パイプなし
1.04	1

図13



3-4 光の強さと電圧

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圧とLEDの光の強さとの関係を調査した。

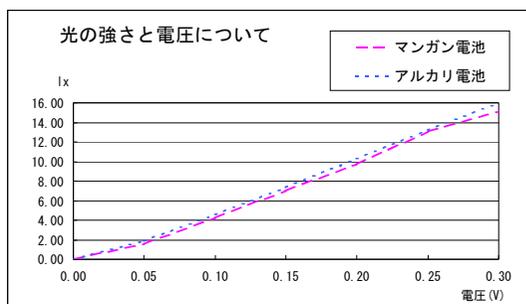
方法：LEDの電圧をテスターで測りながら0.05Vずつ上げていき、照度計でLEDの光の強さを測定した。

表 9

光の強さと電圧について

電圧(V)	マンガン lx	アルカリ lx
0.00	0.00	0.00
0.05	1.59	1.88
0.10	4.22	4.59
0.15	7.02	7.37
0.20	9.72	10.3
0.25	13.1	13.2

図 1 4



結果：図 1 4 に示した縦軸は LED 光の明るさ、横軸は電圧である。見ての通り、アルカリ電池もマンガン電池もほぼ比例関係となっているが、どちらかというとうアルカリ電池の方がよりきれいな比例関係になっている。。

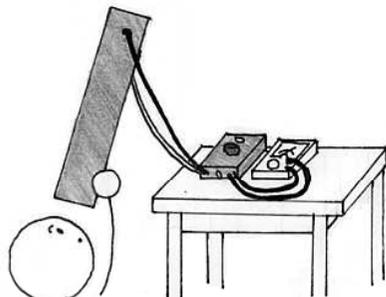
以上の結果をまとめると以下の通りになる

- ① - 12 ~ 38 °C の中で 30 分程度の連続使用が可能である。
- ② アルカリ電池はマンガン電池よりも電圧が高いため、使用に適している。ただし、低温での観測に用いる場合は保温が必要である。
- ③ アルカリ電池よりも電圧は低いが、マンガン電池でも観測には問題はない。

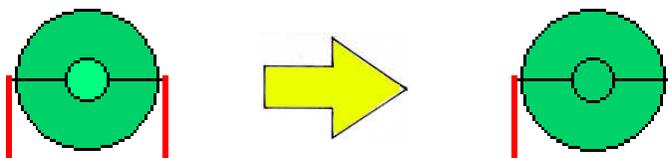
4. 観 測

4-1 観測方法

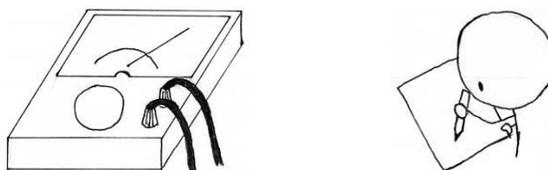
まず最初に、パイプを通して空を見る。この時、パイプは天頂のあたりに向けておく。これは、周囲から光が入らないようにするためである。余計な光が入ると、正確なデータが取れない。



次に、観測機器のスイッチを入れ、LEDを光らせる。そして、可変抵抗を調節して、LEDの明るさと空の明るさをほぼ同じに合わせる。



この時の電圧をテスター等で測定し、記録する。これにより、空の明るさを電圧の値で規格化することができる。これが、この観測機器の最も大きなメリットである。今までは定性的にしか表現できなかった空の明るさが、この観測機器を使うことにより定量的な値で測定することができるからである。



4-2 観測結果の利用

この機器を使って観測することによって次の二つの方向性が考えられる。一つは、都市部、郊外、山間部など、様々な場所で観測を行う。そして、観測結果を比べる。これにより、光の量の多い所、少ない所がわかる。つまり、空气中に散乱の原因物質が多い場所が分かる。そしてここから空気の汚れている場所、ひいてはエネルギーの無駄使いがわかるはずである。

もう一つは、観測場所を定めて、継続して観測を行う方法である。何度も観測を行っていると、観測結果が変わってくるはずである。その結果、空気の澄んで

いる日、塵などが多い日がわかる。たとえば黄砂がとんでいる頃は、光が黄砂に当たり、乱反射するので、電圧の値は大きくなると言える。

そして年間を通してデータを集め、そのデータと様々な気象データを組み合わせることで、地球規模の大気現象についての理解がますます深まるのではと考える。

4-3 お願い

私達はこの観測機器を使って、全国のデータを集めたいと思っている。だから、みんなにもこの観測機器を作ってもらいたい。そして、この観測を手伝って欲しい。東筑紫学園高校・照曜館中学校理科部のホームページを立ち上げる予定なので、機器の作り方の説明、そして、この機器を使って、データの交換などを行いたいと思っている。

協力をお願いします。

おわりに

今後東筑紫学園高校理科部天文班は、今回作成した機器を使い、実際に夜空を測定し、データをまとめていこうと思う。それと同時に、この光害の意識を高めていくため、理科部のホームページを作り、全国にこの調査を広めていこうと思う。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、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。

そのためにも我々は、今後この調査を継続して行っていくつもりである。

参考文献

- ・ Gote Flodqvist, A Simple Dark-sky Meter, Sky & Telescope (Feb. 2001), pp138-140
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>

メンバー

S 2 - D	肥 塚	英美加
S 1 - B	川 井	宣 行
S 1 - C	今 石	佳奈子
S 1 - C	波多野	充
S 1 - C	鶴 丸	琢 郎
S 1 - C	本 田	啓 記
S 1 - C	梁 瀬	釉 子
S 1 - D	赤 星	徹
S 1 - D	大 浦	裕 樹
S 1 - D	高富士	紘 一

福岡県高等学校物理・地学クラブ研究発表会

夜空の明るさについて

～ 自作観測器による

夜天光の研究

発行日：2002年12月6日

編集者：鶴丸 琢郎・波多野 充

発行者：肥塚 英美加

発行所：東筑紫学園高等学校照曜館・理科部

北九州市小倉北区清水 4 - 1 0 - 1

〒 803-0841 TEL 093 (571) 0488