

特集**日食を安全に観察するために****～透過率測定の間接報告～**

天文教育普及研究会 日食の安全な観察推進ワーキンググループ

齋藤 泉、安藤享平、大川拓也、大西浩次、小野智子、篠原秀雄、高橋 淳、松尾 厚

1. はじめに

太陽は、地球に光や熱のエネルギーを与えてくれる恵みの天体である。日が昇るとともに地上を明るく照らし、沈むと夜が訪れ無数の天体が輝き出す。この昼と夜の一巡りが1日となり生活の営みの基本となっている。今年の5月21日(月)に日本国内でこの太陽が脚光を浴びそうな天文イベントがある。日本史上最大人数が観察できる金環日食が起こり、その他の地域でも細い三日月状に大きく欠ける部分日食となるので大きな注目を集めると思われる。ところが、この太陽は極めて明るいいため、観察には安全性への対応が不可欠である[1]。2年ほど前の2009年7月22日のトカラ列島周辺での皆既日食においても、各地から日食性網膜炎の症例が報告された[2]。本稿では遮光板などの太陽観察用の器具をはじめ、ススのガラス板、感光したカラーフィルム、X線フィルムなどの代用品の測定結果について報告する。なお、最新情報は、本会のWeb上で随時公開していく予定である。

また、安全性の基準や規格については、松尾氏の「日食を安全に観察するために-遮光フィルタの規格など-」に詳しく書かれているので熟読することをお勧めしたい[3]～[6]。

2. 透過率の測定

以前から、市販の本やWebに掲載されているススを付着させたガラス板、カラーネガフィルムはほんとうに危険なのか？白黒ネガフィルムは安全なのか、などについて確かめたいと思っていた。そこで、2008年の1月から宇都宮大学の工学部で透過率の測定を開始

した。非常に透過率の低いものを測定するため、なかなか十分な精度が出ない日々が続いた。ひとりで細々とはじめたが、本会に入会し、このワーキンググループの前身となる「世界天文年プロジェクト・ワーキンググループ・太陽フィルタ測定チーム」に参加することがきっかけとなり、国立天文台の先端技術センターなどでも測定が行えるようになった。その成果は、「太陽観察用各種フィルタ類およびその代用品の透過率測定」として本会のWeb上に掲載している[7]。現在、その内容も含めて再測定を行い、劣化についての検証も行っているが、本稿はその中間報告となる。

測定は、国立天文台先端技術センターの施設利用プロジェクトを中心に行っているが、紫外から近赤外の波長帯(300nm～1400nm)にわたり透過率を測定している。なお、2009年の時に使用していた装置のダイナミックレンジが、10万分の1程度であったため、太陽観察用グラスなどの可視光線で10万分の1から100万分の1に減光するフィルタ類などの測定では、可視光領域で精度が出ていないことが分かった。すなわち、2009年のデータは透過率の上限を示しているということである。このため、今回、可視光領域ではさらに広ダイナミックレンジを持つ分光器で測定をし直したものがある。

3. 測定の結果

測定結果を3.1～3.7に示す。測定精度については、現在検討中の部分もあるため、詳細については別の稿に記述する予定である。

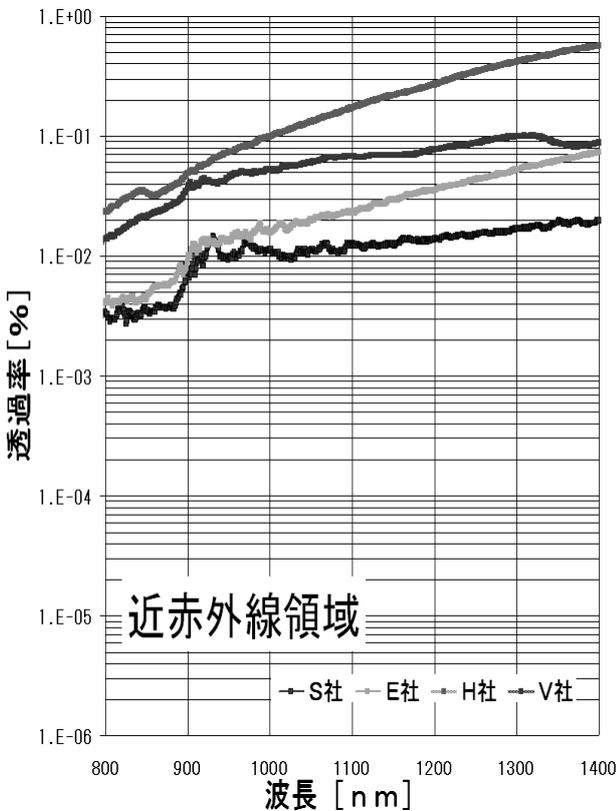
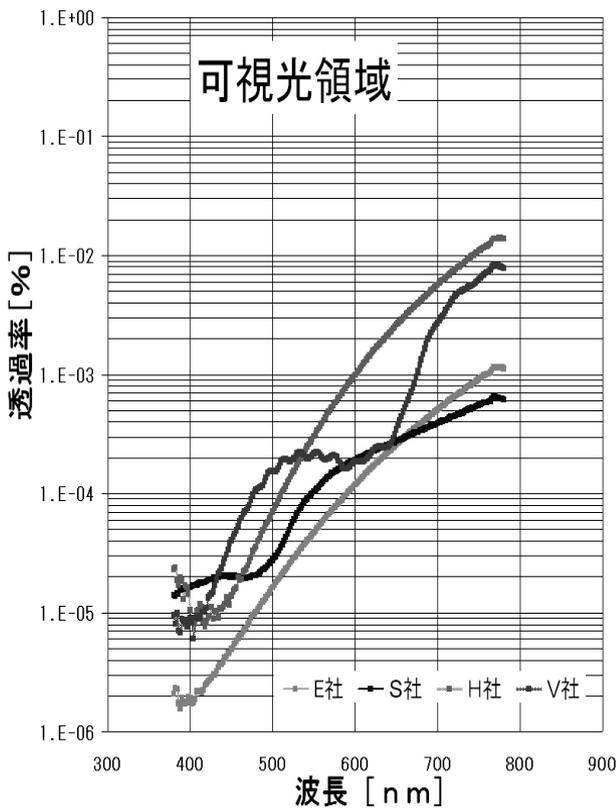


図1 太陽観察用グラス（4種類）の透過率
可視光領域（上）と近赤外線領域（下）。

また、グラフは透過率を表していて、規格などに記載されている視感透過率とは異なっているため、あくまでも目安としてとらえ、数字だけ独り歩きしないようにすることが必要である。

3.1 太陽観察用フィルタ

太陽観察用に作られている市販の製品4種類の透過率を測定した(図1)。可視光から赤外線までおおむね安全なレベルの透過率を示している。しかし、使用にあたっては、事前に説明書を良く読み、適切に観察することが必要である。できれば事前に普通の太陽で練習しておくことが望ましい。

3.2 BAADER AstroSolar Film

このフィルムは太陽観察用に作られている非常に薄いシート状の製品で、高い遮光性能を持っているうえに、ハサミでも簡単に切れるなど加工がしやすいことから、望遠鏡や双眼鏡の対物レンズ側に付けたり、太陽観察用メガネなどの工作に使われることも多い。眼視用とやや濃度の薄い撮影用の2種類がある。

今回は、日食で使われ雨や潮風にさらされたものと未使用のものを比較した。また、このフィルムはラミネート熱加工して使われることもあるが、製造メーカーはこのような加工については、性能を保障していない。つまり、加熱あるいは加圧により、十分な減光が得られない可能性がある。今回のデータは一例であるが、熱加工を施したものは透過率が高くなる傾向がみられた。

肉眼で見ると、新品は反射率が高くピカピカと光っているのに比べ、常温で2年間クリアファイルに保存したものは光沢が少し弱いと感じた。また、実際に潮風があたる環境下で日食に使用したものは、透過率が高い傾向を示した。嵐の中で使用したものは、サンプル

ルの測定位置により透過率に違いが見られたが、室内で蛍光灯の光を当てて透かして見ると均一ではなく、まだら模様になっていることが確認できた。未使用のものでも顕微鏡で下から透過光をあてて50倍で見ると、ところどころ小さな穴のようなものが確認できた。

ラミネート熱加工したものには、丸い形をした気泡の他に、形の違う数種類のキズのようなものもあった。筆者は開封の際に、袋の接着面にこのシートをくっつけてしまったことがあるが、比較的簡単に傷がつく可能性があるため、扱いには細心の注意が必要である。使用環境や保存状態によっても劣化が早まることも考えられるので、新品に限らず実際に使用する前にルーペ等で見ながら明るい蛍光灯などにかざして穴やムラの無いことを確認してから使用する必要がある。

3.3 ろうそくのスをつけたガラス板

最近のろうそくはあまりスが出ないという話を耳にしたが、近所のホームセンターで一番価格の安いろうそくを購入し、溶接用のカバーグラスにいぶして付着させた。

数十年以上前の新聞記事を調べると、ススのガラス板で日食観察をしている写真が大きく掲載されていたが、必ず濃さにムラができるので、適切な濃さにしかも均一にススをつ着させることは非常に困難だと思われる。とても眩しくて観察できない「非常に薄いスス」、太陽が全く見えない「濃いスス」及びその中間の濃さ「中間の濃さ」の測定結果を図2に示す。

300nmより短い波長の紫外線は、ガラスによりほとんどカットされるが、特に眼に見えない赤外線について例えば透過率3%以下に抑えるようにススの濃さを調整することは、ほとんど不可能と思われる。また、付着させた面にほんの僅かに触れるだけでも、簡単にススが落ちてしまう危険性もある[4]・[8]。

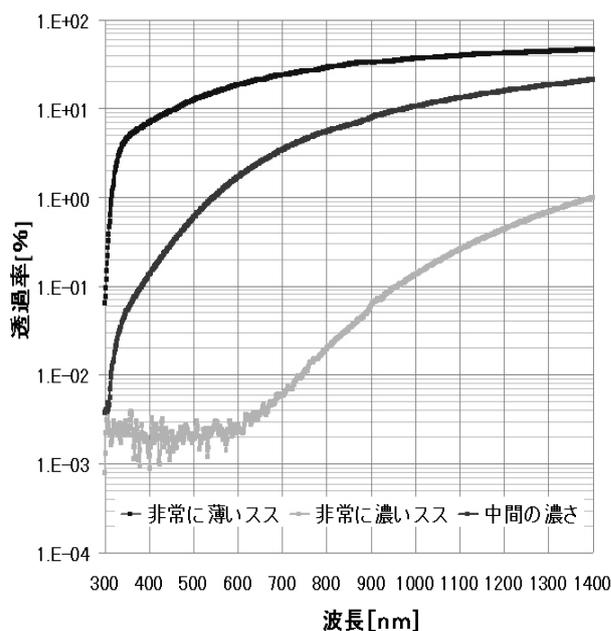


図2 ろうそくのスをつけたガラス板の透過率

3.4 サングラスやカラーフィルム

太陽観測用ではない一般のサングラスや感光したカラーネガフィルムは、可視光や赤外線の減光が不十分であり大変危険なことが確認できた[5]。

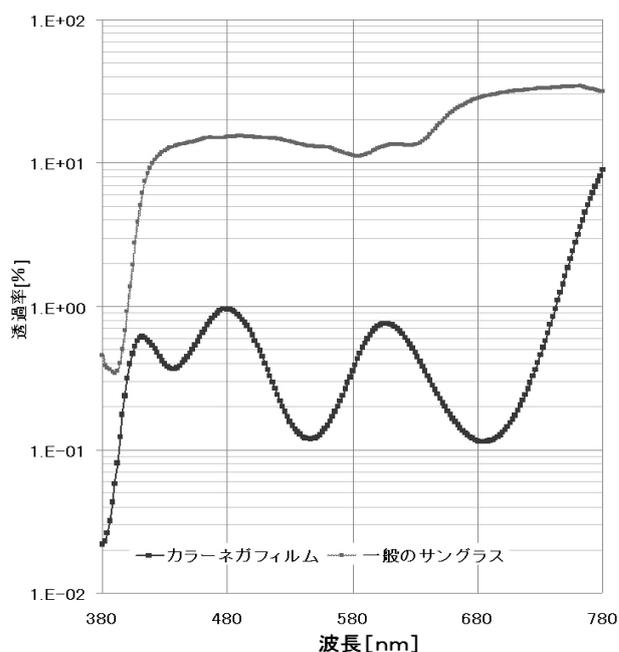


図3 カラーネガフィルムと一般のサングラスの透過率

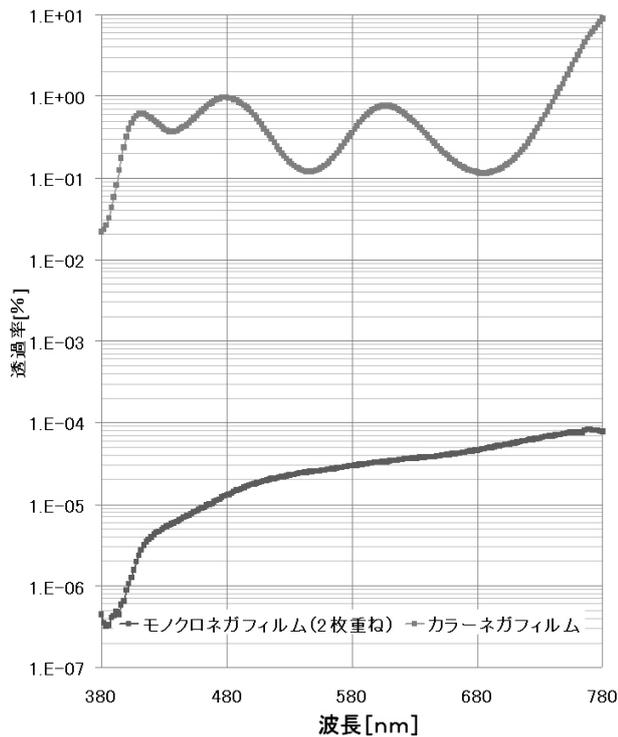


図 4 カラーネガフィルムとモノクロネガフィルム（2枚重ね）の透過率

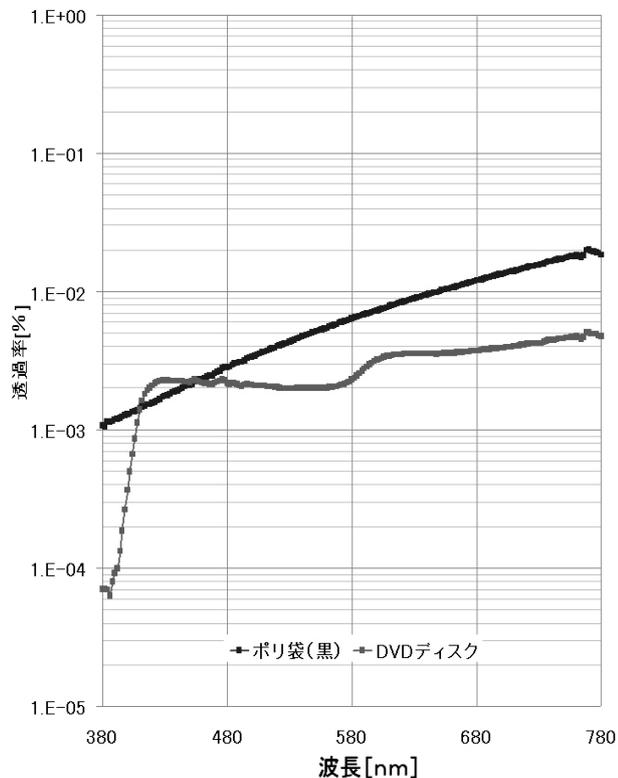


図 5 DVD やポリ袋（黒）の透過率

3.5 モノクロネガフィルム

モノクロネガフィルムの中には十分な濃度のものがあり、太陽観測用として使用できそうなものもあるが、フィルムの現像方法によるばらつきなども考慮すると、市販の製品のように安全性を保證することはできない[5]・[8]。

3.6 DVD および CD-R

DVD や CD-R は個体によるばらつきがあるが高い透過率を示し、大変危険であることがわかった。これは文献[8]の結果とは一致していないが、いずれにしろ一般的な安全性は保證できないと思われる。

3.7 X線フィルムや印刷用リスフィルム

X線フィルムは、天文ファンなどの方に使われてきたようだが、デジタル化が進んでいるため入手しづらくなっている。

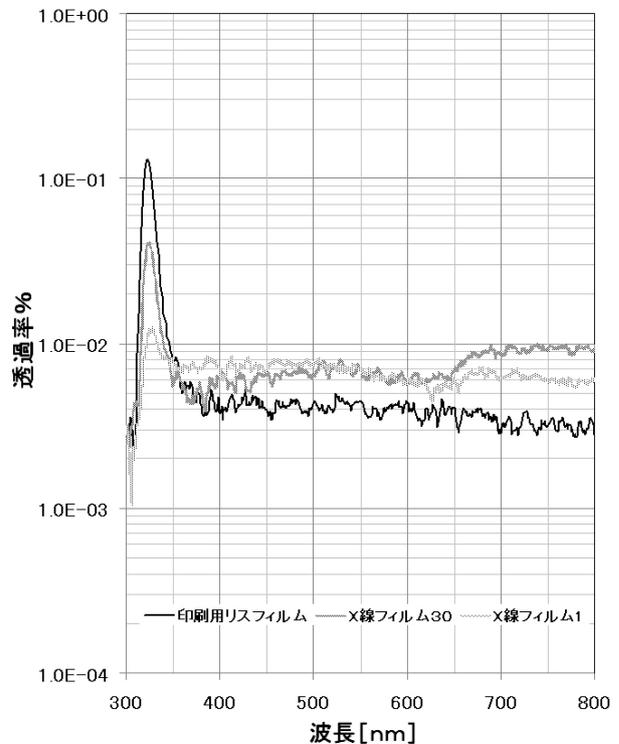


図 6 X線フィルムや印刷用リスフィルムの透過率

今回測定した2種類のX線フィルムは、320nmあたりに少し透過率の高いところがあるが、ピークの高さが明らかに異なっているので、種類による特性もありそうである。筆者の手持ちの資料では、欧米でのX線フィルムの使用は見当たらないので、もしかしたら日本特有の使い方かもしれない。また、印刷用リスフィルム[8]も同様のピークを持っているが、いずれも太陽観察用に作られている市販の製品よりも危険性は高いと考えられる。

4. おわりに

市販の遮光板や日食観察グラスで眺めたり、間接的な方法として、木漏れ日をはじめ、クラッカーなど身の回りの穴あき製品や鏡などの光を白い紙に投影し、その太陽像を観察するなど、適切な観察を行うことにより、この貴重なチャンスを安全に楽しむことをお勧めしたい。

測定に協力いただいた国立天文台先端技術センターの三井健司氏、測定に関する様々なご指導や協力をいただいた労働安全衛生研究所の奥野勉氏、サンプルを提供していただいた方々にこの場をお借りして感謝する。

最後に、「晴れたらいいね」いえ、ぜひ、晴れることを願いつつ、筆を置くことにする。

文 献

[1] 日本天文協議会・(財)日本眼科学会・(社)日本眼科医会 (2011) 『2012年5月21日の金環日食に関する要望書—多くの児童・生徒や市民に安全に日食を観察してもらうために—』, 2011年12月15日付け 文部科学大臣あて.

[2] 尾花 明他 (2011) 「2009年皆既日食による眼障害の発生状況」, 日本眼科学会雑誌, **115(7)** : 589.

[3] Chou, B. R. (1981) 'Safe Solar Filters', Sky&Tel, August, 119.

[4] Chou, B. R (1998) 'Solar Filter Safety', Sky&Tel, February, 36.

[5] Chou, B. R. 'Observing the Eclipse - Eye Safty and Solar Eclipses'.

<http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/010621/text/eye-safety.html>

[6] Okuno, T. (2008) 'Hazards of solar blue light', Applied Optics, **47(16)** : 2988.

[7] 大西浩次他(2009) 『太陽観察用各種フィルタ類およびその代用品の透過率測定』.

<http://tenkyo.net/iya/eclipse/glass1.pdf>

[8] Chou, B. R. 'Solar Filters Time for an International Standard'.

<http://www.mreclipse.com/Special/filters.html>