

特集

日食を安全に観察するために

～遮光フィルタの規格など～

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

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

1. はじめに

2012年5月21日(月)には、日本の人口のおよそ3分の2を占める地域で金環日食が見え、その他の地域でも大規模な部分食となる。日食は顕著な天文現象であることから、その観察は理科学習への強い動機付けになり、宇宙における地球・月・太陽の位置や運動を実体験できるという非常に貴重な学習機会である。

しかし、観察対象が極めて明るい太陽であること、今回の金環日食は平日(月曜日)の始業前の時刻に起きることから、この日食を観察する際には、さまざまな観点からの配慮が必要になる[1]。2009年7月22日のトカラ列島などで起きた皆既日食に関連しては、各地から日食網膜症の症例が報告されている[2]。

本稿では日食観察グラス(遮光フィルタ)の濃度に関する規格を中心に、日食を安全に楽しむための基礎資料を提供する。

2. 遮光フィルタの基準・規格

現在のところ、日本国内に適用される太陽直視観察用の遮光フィルタの規格は無いが、以前から Chou, B. Ralph (カナダ、ウォータールー大学) による以下の a)~e) の見解がよく引用されていた[3]~[5]。なお、c) と d) では、赤外域での基準が異なるようだが、d) の基準が新しい見解と思われる。

a) 地上に到達する紫外線は、波長 290nm 以上である。315nm~380nm の紫外線は、目のレンズ(水晶体)で吸収されるので網膜に達しない。通常の太陽フィルタは紫外線を

十分に防いでいるので、普通は紫外線についての心配は無用である。

b) 380nm~1,400nm の光の大部分は目を透過し、網膜に達する。

c) 380nm~1,400nm の光に対して、透過率 32ppm^(*)のフィルタ(溶接用遮光板#12)は安全である。

d) 安全なフィルタの透過率は、可視域(380nm~780nm)で 32ppm 以下(100~1,000 倍の安全率を見込む)、近赤外域(780nm~1400nm)で 5,000ppm (0.5%) 以下である。

e) 見よい(まぶしさが和らぐ)のは、3ppm (溶接用遮光板#14)の透過率である。

欧州では、太陽直視用フィルタについての欧州標準化委員会(CEN)の規格(EN1836:2005+A1:2007(E))があり、その概要は表1のとおりである。なお、表1の備考中の「JIS 12番」「JIS 13番」などは、溶接用遮光板のJIS規格(日本工業規格)であり、その概要を表2に示す。

現在、この欧州規格に準じて太陽直視用フィルタの国際規格化作業が進められており、国際規格化された場合には日本国内にも適用されることになる。このため、現時点では欧州規格を準用して安全性を判断することが適当と思われる。また、表1の備考のとおり、太陽直視用フィルタの欧州規格と溶接用遮光板のJIS規格は比較的対応が取れている。JIS規格12番相当以上の濃度であれば、おおむね安全な濃度(遮光度)と言えよう。

^(*)ppm= part per million=1000000 分の 1

ただし、表1、表2の可視域の透過率規格は、ヒトの目の比視感度（分光視感効率：波長ごとの目の感度）が考慮された視感透過率になっているので、実際の透過率とは異なることに注意する必要がある。

筆者の経験からは、快晴の場合にJIS規格12番の遮光板で太陽を見るとまぶしさを感じる。14番あるいは13番が落ち着いて見ることができる。靄や薄雲の程度により選択する

と良いだろう。溶接用遮光板は1枚（5cm×10cm）が数百円と手頃な価格であるが、ガラス製品なので、割れたり、稜や角で手を切る危険性がある。個人で楽しむには便利だが、大勢の子どもが一斉に使うのには適さない。また、12番以上の濃いものはホームセンターの店頭には置かれておらず、注文での取り寄せになるようだ。

表1 EN1836:2005+A1:2007 (E) の透過率 (ppm) の規格 (E11 以下の規格は存在しない)

遮光度 番号	紫外域 (280~380nm)	可視域		赤外域 (780nm~)	備考 (筆者付記)
		最大	最小		
E12	可視域に同じ	32	12	30000 (3%)	可視域は JIS 12 番相当 紫外・赤外域は 12 番より緩やか
E13	可視域に同じ	12	4.4	30000	可視域は JIS 13 番相当 紫外・赤外域は 13 番より緩やか
E14	可視域に同じ	4.4	1.6	30000	可視域は JIS 14 番相当 紫外・赤外域は 14 番より緩やか
E15	可視域に同じ	1.6	0.61	30000	可視域は JIS 15 番相当 紫外・赤外域は 15 番より緩やか
E16	可視域に同じ	0.61	0.23	30000	可視域はおおむね JIS 16 番相当 紫外・赤外域は 16 番より緩やか

表2 日本工業規格 (JIS T8141 しゃ光保護具) の透過率 (ppm) の規格 (11番~14番の抜粋)

遮光度 番号	紫外域		可視域			赤外域		備考 (筆者付記)
	313nm	365nm	最大	標準	最小	780~ 1300nm	1300~ 2000nm	
11	3	6.0	85	52	32	500	1500 (0.15%)	太陽直視用としては濃度が不足、利用不可
12	2.0 以下	2.0	32	19	12	270	960	可視域はおおむね Chou の安全基準に相当
13	0.76 以下	0.76	12	7.2	4.4	140	600	
14	0.27 以下	0.27	4.4	2.7	1.6	70	400	可視域はおおむね Chou の見よい基準に相当

3. 危険を伴う観察方法

前述の遮光フィルタの基準・規格から考えると、従来から言われていたとおり、次の観察方法は日食網膜症を発症する危険性があると判断できる。

- ・一般用（レジャー用）のサングラス
- ・下敷き、カラープラスチック板、CD板、カラーフィルム
- ・ロウソクのススをつけたガラス板

また、接眼部取り付けのサングラスは太陽熱で割れる危険性が高いため、現在では販売されていないが、以前の望遠鏡には標準装備されていた。古い望遠鏡を使用する場合には、このサングラスを間違えて使わないようにしなければいけない。フィルム状の減光フィルタを望遠鏡の対物部に取り付けて肉眼観察する場合、大口径望遠鏡は集光力が強いので、使用の際には注意する必要がある。筆者は20cm望遠鏡に取り付けて太陽を観察したところ、ほんの数秒で眼底全体が暖かくなった経験がある。

4. さまざまな観察方法

日食観察グラスで眺めたり、望遠鏡やピンホール（木漏れ日、身の回りの穴あき製品を利用、指を組んだ隙間を利用、鏡を利用など）で投影して太陽像を観察するほか、空の明るさや雰囲気の変化、日照変化、気温降下、動物の行動の変化などを観察、体験することも面白い。

2009年の日食時の筆者の経験（食分87%）では、日照変化や気温降下（4度程度）については小中学生でも照度計・温度計を使って容易に測定ができ、その変化は体感もできた。食分が70%を超えたあたりから薄暗くなったことがわかり、人や望遠鏡の影も薄くなってきた。食の最大の頃には「曇りの日」程度の暗さになったが、曇りの日であれば影ができないはずなのに、薄い影が輪郭明瞭に見え

ているのが異様な雰囲気であった。空や周囲の風景の色合いも変わったように感じた。

セミが鳴き止み、トンボ（ウスバキトンボ）が飛び回り始めるなど、昆虫の行動変化も顕著であったが、オジギソウやネムの葉が閉じるなどの変化は認められなかった。近年は家庭や学校に太陽光発電も普及してきたので、発電量の変化を記録するのも面白いだろう。デジタルカメラでの風景の連続撮影（露出固定）なども試みたい。

5. 日食網膜症について

日食網膜症は、日食性網膜炎、太陽性網膜炎、日光網膜炎などとも呼ばれ、太陽を直視あるいはそれに近い状態で見た場合に、網膜が損傷を受けることにより発症する。古代ギリシアのプラトン（BC4世紀）も日食網膜症について記述しており、日本では1982年までに医学誌だけでも210例の報告がある。特に1936年（昭11年）6月の北海道北東部皆既日食では90例が報告されている[6]。これらの症例数は医師を受診し、かつ医学誌で報告されたものだけなので、潜在例ははるかに多いはずである。海外では1912年の日食において、ドイツで3,500人が発症したとの報告もある[7]。

日食網膜症の原因は、一般的には日食を不適切な方法で観察したことによる。自覚症状としては、中心暗点（視野の中央に暗い点が見える、視野の中心部分が暗く見えにくい）、視力低下（中程度の場合が多い：1.2 → 0.5（重い場合は → 0.1））、霧視（かすんで見える）、流涙、眼痛、字が抜けて見えるなどである。

発症機構としては、古くは漠然と太陽光線によるものと考えられていたが、動物実験により網膜蛋白の凝固が本態（1867、Czerny）とされた。しかし、日食網膜症は網膜浮腫が主体であり、蛋白凝固では臨床的な可逆性を

説明できない(1892年、Widmark)ことから、光化学変化の可能性が考えられた(Vogt)[6]。1970年代までは、熱障害説と光化学障害説が交錯していたようだが、現在では「熱損傷に修飾された光化学プロセス」[8]、「光化学反応による網膜視細胞と網膜上皮細胞の障害」[1]と考えられている。快晴で太陽高度が高い場合には、太陽をわずか0.8秒直視しただけでも、網膜損傷の危険性があると指摘されている[9]。

以前は、網膜の熱損傷を防ぐために赤外線遮光の必要性が喧伝されていたが、現在では赤外線よりも可視光、特に光化学反応に係る青色光の影響が大きいと考えられている。実際に太陽直視用フィルタに関する欧州規格では、赤外線透過率は3%以下であれば良いとされる(表1)。

6. おわりに

日食網膜症による視力低下については、予後は比較的良いと言われ、かなりの程度自然回復するようだ。しかし、中には予後不良のものが見られ、暗点などが残りやすい症状らしい[7]。さらに重篤な場合は、その症状が永久的に続く。筆者もごく最近、30年以上前に裸眼で日食を長時間観察した人から「今でも自覚症状残っている(視野の一部がゆがむ)」との話を直接聞いた。観察指導の際には、安全には十分な配慮が必要であることを、改めて強く感じた。

なお、本稿は2012年1月28日に姫路市で開催された「第2回 星なかまの集い」の講演予稿に加筆したものである。本誌への掲載に配慮いただいた関係の方々へ感謝申し上げます。

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 明ら(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 Safety and Solar Eclipses'.
<http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/010621/text/eye-safety.html>

[6] 池田直子・阿部春樹(1982)「日光網膜炎と予後」, 眼科, **24**: 785.

[7] 秋元直子ら(1980)「日光網膜炎と予後」, 臨床眼科, **34(3)**: 355.

[8] 八塚秀人ら(1993)「太陽性網膜炎の1例」, 臨床眼科, **47(9)**: 1575.

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