

日食を安全に観察するために

－ 遮光フィルタの規格など －

松尾 厚

(2012年金環日食日本委員会/天文教育普及研究会日食WG/山口県立山口博物館)

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。しかし、観察対象が極めて明るい太陽であることから、これを観察する際には安全性への配慮が必須である。2009年7月22日のトカラ列島皆既日食でも、各地から日食性網膜炎の症例が報告されている(*1)。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) の次の基準がよく引用されていた(*2~4)。なお、下記の 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。ただ、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。

3. 危険性を伴う観察方法

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性網膜炎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、その使用には十分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。

表1 EN1836:2005+A1:2007 (E) の透過率の規格 (ppm) (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) の透過率の規格 (ppm)

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

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）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。食の最大の頃には本曇り程度の暗さになったが、曇りであれば影ができるはずがないのに、薄い影が輪郭明瞭に見え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。

セミが鳴きやみトンボ（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、皆既食ではなかったため、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. 日食性網膜炎について

日食性網膜炎は、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（BC 4世紀）も日食性網膜炎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（*5）。日食性網膜炎の原因は、一般的には日食を不適切な方法で観察したことによる。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（*6）。

日食性網膜炎の自覚症状としては、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。

原因としては、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、日食性網膜炎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）（*5）。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」（*7）、「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（*8）。

以前は、網膜の熱損傷を防ぐために赤外線の影響の必要性が喧伝されていたが、現在では赤外線の影響はそれほどでもなく、可視光、特に光化学反応に関係する青色光がの影響が大きいと考えられるようになった。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ている（表1）。

参考文献

- *1 尾花 明ほか, 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), 589-594.
- *2 Chou, B. Ralph, 1981, Safe Solar Filters. Sky&Tel, August, 119-121.
- *3 Chou, B. Ralph, 1998, Solar Filter Safety. Sky&Tel, February, 36-40.
- *4 Chou, B. Ralph, Observing the Eclipse - Eye Safty and Solar Eclipses.
<http://umbra.nascom.nasa.gov/eclipse/010621/text/eye-safety.html>
- *5 池田直子・阿部春樹, 1982, 日光網膜炎と予後. 眼科, 24, 785-792.
- *6 秋元直子・阿部春樹ほか, 1980, 日光網膜炎と予後. 臨床眼科, 34(3), 355-361.
- *7 八塚秀人ほか, 1993, 太陽性網膜炎の1例. 臨床眼科, 47(9), 1575-1577.
- *8 Okuno, T., 2008, Hazards of solar blue light. Applied Optics, 47(16), 2988-92.