

紫外線から環境問題を考える

1 目的

紫外線を浴びすぎると皮膚がんや白内障になりやすいことが明らかになっている。さらに「オゾン層破壊」によって地上に到達する紫外線が増加していることから、WHO（世界保健機関）では紫外線対策の実施を推奨している。気象庁も平成 17 年度から国際標準の UV インデックスを発表し、紫外線対策を呼びかけている。

オゾン層破壊の原因は、エアコンや冷蔵庫の冷媒やスプレーに使用していたフロンなどの塩素系の気体や、臭素系、フッ素系の気体であり、1990 年代から使用が厳しく規制されてはいるが、成層圏においては依然として増加しておりオゾン層の破壊は進んでいる。一説には、現在の規制を守り続けたとしても、オゾン層が回復するのは今世紀中頃と言われている。

この紫外線の性質と対策を調べる中で、紫外線の害から身を守る方法を知るだけでなく、温暖化ガスの放出など、原因も被害も個人の生活に直接関わっている環境破壊について考えることができる。

実験 1 プリズムによる光の分散

太陽光などの白色光が様々な種類の光を含むこと、また、目に見えない光（紫外線）も含まれることを理解する。

(1) 準備：三角プリズム、スクリーン(方眼紙)、紫外線強度計（UV センサー、Q&A 参照）

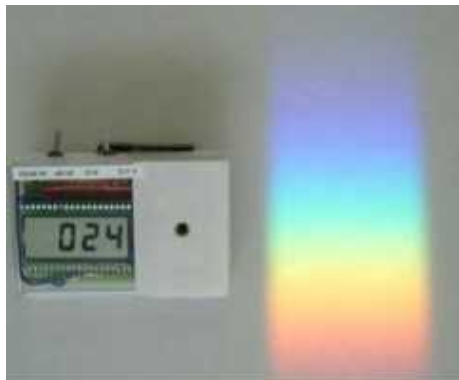
(2) 測定

- ① 三角プリズムに日光を当てスクリーン上にスペクトルを映し、その様子を観察する。
- ② スペクトルの上下左右 4 か所に紫外線強度計の受光部を置きそこでの紫外線強度を測定する。この値をバックグラウンド（BG）とする。
- ③ 各色およびスペクトルの外側に紫外線強度計の受光部を当て、強度を測定する。
どの色の部分を測っているかは、紫外線強度計の白い紙の部分で判断する。
この値を実測値（A）とする。
- ④ スペクトルの紫外線強度を計算する。

$$\text{紫外線強度} = A - BG$$



プリズムの調整



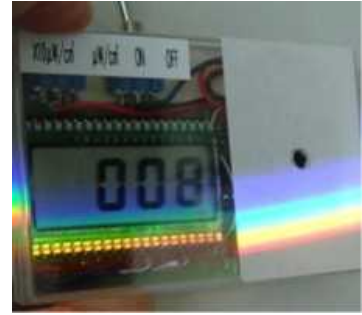
スペクトルの周囲でバックグラウンドを測定



各色や紫外部の紫外線を測定

(補足) 太陽が出ていないときの測定

太陽が出ていないときには、OHP の上にスリットを置き、その光をプリズムで分光させ、そのスペクトル上で測定することもできる。



OHP の上にスリットを入れた工作紙を置き、プリズムで分光する

OHP からの光で、各色や紫外部の紫外線を測定する

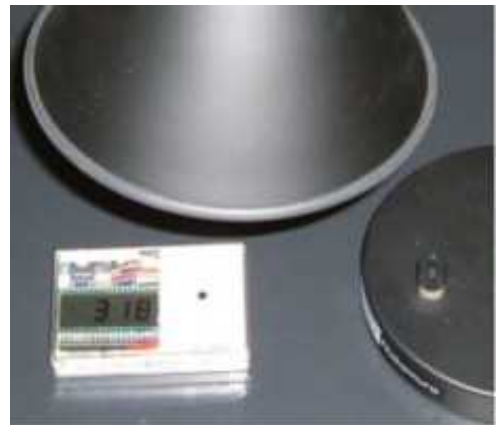
実験 2 紫外線の吸収

紫外線がガラスや日焼け止めクリームや布地などにどの程度吸収されるかを調べ、紫外線対策について考える。

- (1) 準備： 紫外線光源、紫外線強度計、スライドガラス、日焼け止めクリーム、各種の布地

- (2) 日焼け止めクリームなどの効果

- ① 紫外線光源に直接センサーを向け紫外線強度を測定する。
- ② スライドガラス 1 枚をセンサー受光部に載せ紫外線強度を測定する。
- ③ スライドガラスを 2～8 枚、順にセンサー受光部に載せ紫外線強度を測定する。
- ④ スライドガラスに各種の日焼け止めクリームを均一に塗り、再びセンサー受光部に載せ紫外線強度を測定する。日焼け止めクリームを塗るときは、同じような厚さに塗ること。



紫外線光源での実験

- ⑤ UV カットシートの効果を測定する。
- ⑥ 再び紫外線光源に直接センサーを向け紫外線強度を測定し、最初の値と平均する。



スライドガラスに UV カットクリームを塗って UV カットの効果を調べる



UV カットフィルムの効果を調べる (メガネの UV カット効果も調べられる)

- (3) 布地による吸収効果

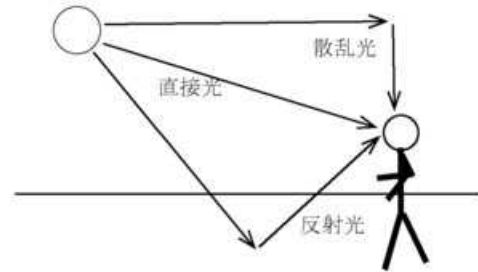
* 布の糸目により吸収効果が異なるので、3箇所計測し平均する。

添付の実験テキストを参照

実験3 紫外線の散乱、反射

太陽からの紫外線は、直接来るものだけでなく、大気で散乱されたり、地面で反射したりするものもある。計測器のセンサーを直接太陽に向けた場合と、次のような方向に向けた場合の強度を比較する。

- ① 日なたで太陽と直角の方向の青空に向ける
- ② 日なたで太陽と直角の方向の雲に向ける
- ③ 日陰で太陽と直角の方向の青空に向ける
- ④ 日陰で太陽と直角の方向の雲に向ける
- ⑤ 太陽と直角の方向のコンクリートに路面に向ける
- ⑥ 太陽と直角の方向の土の地面に向ける
- ⑦ 太陽と直角の方向の草地に向ける
- ⑧ 太陽と直角の方向の水面（青空が映る）に向ける
- ⑨ 太陽と直角の方向の雪面に向ける



紫外線Q & A

Q1 紫外線にはどんな種類があり、私たちの生活とどのように関わっているのか。

A1 紫外線はまずその波長によって、波長の短い遠紫外線(200nm以下)と波長の長い近紫外線に分けられる。近紫外線はさらに大気による吸収や皮膚に対する影響によって次の3つに分類される。

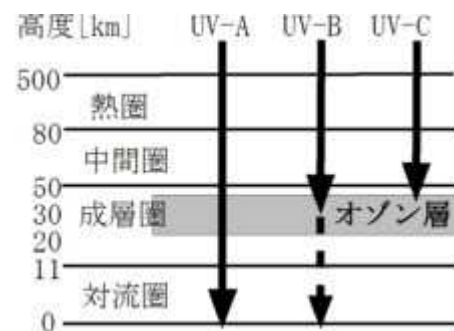
紫外線A (UV-A) : 400~320nm	ブラックライト
紫外線B (UV-B) : 320~280nm	日焼けサロン
紫外線C (UV-C) : 280~200nm	殺菌灯

遠紫外線と紫外線Cは太陽光が成層圏を通過するまでに完全に吸収され、地表に達することはない。

紫外線Aは、紫色の可視光にかなり似ており、ほとんど大気に吸収されないで地表に達する。

紫外線Aは皮膚の深部にまで入り込んで、シミやたるみの原因となる。

紫外線Bは、皮膚への作用がさらに強く、多量に浴びると赤く炎症を起こしたり、シミやソバカスを濃くしたりする。人が皮膚ガンや白内障になったり、羊が失明したりするのはこの紫外線Bの影響が大きい。オゾン層はこの紫外線Bから私たちを守る唯一の防御層である。



Q2 紫外線のことをUVと表すのはなぜか。

A2 紫を英語で言うと、purple(赤紫)、violet(青紫)となるが、スペクトルで観察したように、白色光を分散させると、波長の短い方は青紫の濃いものである。その紫(violet)のさらに外側にあるのが紫外線なので、超(Ultra)紫(Violet)の頭文字をとって、UVと表す。

Q 3 紫外線の強さ（強度）はどのように表すか。

A 3 紫外線の強度は、単位面積あたりに入射する紫外線の仕事量（単位時間あたりのエネルギー量）で表わす。紫外線のエネルギーは、波長が短いものほど大きい。測定範囲の波長域のエネルギー量を合計したものを機器により測定して、 mW/cm^2 または、 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ あるいはMED値で表す。MED値（最小紅斑量：Minimum Erythem a Dose）とは、曝射10時間後に肌にかすかな紅斑（日焼け）を生じさせるのに要する紫外線の最小照射量のことである。最小照射量の数倍の量であれば、表皮細胞の一部が死んで、細胞間液や白血球がその下に集まって水疱となる。

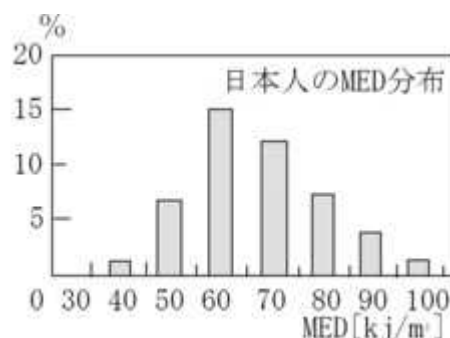
MED値は、一人一人の肌の性質によって値が異なり、例えば色白で日焼けに弱い人では、 $40\sim 50\text{kJ}/\text{m}^2$ と値が小さく、逆に日焼けに強い人では、 $90\sim 100\text{kJ}/\text{m}^2$ と大きな値になるので紫外線強度は同じでもMED値は人によって違うことになる。

右図は日本人のMED値の分布を示している。

$1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の強度は、1時間では、 $36\text{kJ}/\text{m}^2$ となり、日中の太陽光のように $2000\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の強度があれば、 $72\text{kJ}/\text{m}^2$ となる。多くの日本人は1時間も外にいれば皮膚にダメージが生じることになる。

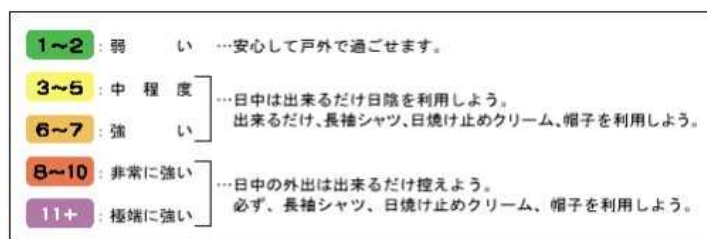
$2000\mu\text{W}/\text{cm}^2 \rightarrow 1$ 時間以内に皮膚にダメージ

$4000\mu\text{W}/\text{cm}^2 \rightarrow 30$ 分間以内に皮膚にダメージ



Q 4 UVインデックスとは何か。

A 4 計器で測定される紫外線強度は専門的で、一般には理解しにくい。そこで、紫外線の波長毎の人体へのダメージなどを積算し、分かりやすく表したのがUVインデックスであり国際的な基準がある。気象庁での発表は、このUVインデックスを使っており、民間の気象サービスもそれを利用している。



(WHO: Global solar UV index - A practical guide-2002) 7)

これらの情報は、次で見ることができる。

- ・気象庁のHP（防災情報－紫外線情報）、日本気象協会のHP（指数情報－紫外線）

Q 5 紫外線計測器はどうすれば入手できるか。

A 5 市販のものは高価である。簡単なUVセンサーやキットは、秋月電子通商で購入できる。センサーをデジタルテスターで使用するのは簡単であるが、キットの組み立ては難しい。当センターで所有している装置(8台)は、実習・研修に使用しないときには貸し出し可能である。紫外線光源(4台)も一緒に貸し出せる。

(実験テキスト)

紫外線の観察と吸収実験

実験 1 【プリズムによる光の分散】

1 目的

太陽光などの白色光が様々な色の光を含むこと、また目に見えない光（広義の光）も含まれていることを理解する。

2 実験

準備：三角プリズム、スクリーン（方眼紙）、紫外線強度計（UVセンサー）

実験：

(1) 測定

① 三角プリズムに日光を当ててスクリーン上にスペクトルを映し、その様子を観察する。

② スペクトルの外側の上下左右4か所に紫外線強度計の受光部を置き、そこでの紫外線強度を測定する（光線に対し紫外線強度計を垂直に置いて計測する）。

その平均値をバックグラウンド（BG）とする。

③ 各色の部分および紫の少し外側に紫外線強度計の受光部を置き、紫外線強度を測定する（どの色の部分を測っているかは、紫外線強度計の白い紙の部分で判断する。）

この値を実測値（A）とする。

④ 各色での紫外線強度を求める。

各色での紫外線強度 = $A - BG$



スペクトルを映す

バックグラウンド Back Ground	右	平均 $\mu W/cm^2$... (BG)
	左	
	上	
	下	
スペクトル 上の位置	紫外線強度 実測値(A)	各色の紫外線強度 $A - BG$
赤	$\mu W/cm^2$	$\mu W/cm^2$
緑	$\mu W/cm^2$	W/cm^2
青	$\mu W/cm^2$	$\mu W/cm^2$
紫の少し外側	$\mu W/cm^2$	$\mu W/cm^2$



バックグラウンドの測定



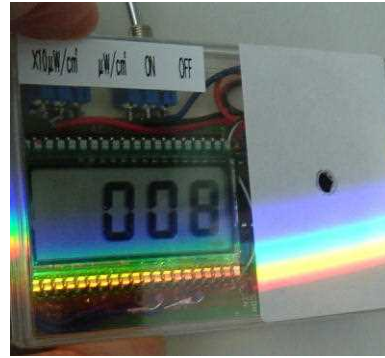
紫の少し外側での測定

(2) 太陽が出ていないときの測定

太陽が出ていないときには、OHPの上にスリットを置き、その光をプリズムで分光させ、そのスペクトルを利用して測定する。



OHPによるスペクトル



紫外線の確認

実験2【紫外線の吸収】

1 目的

紫外線がガラスや布地、日焼け止めクリームなどによって、どの程度吸収されるかを調べる。

2 実験

準備：紫外線光源（ブラックライト）、
紫外線強度計、スライドガラス、
日焼け止めクリームなど、
いろいろな色の布地

実験：

(1) ガラスや日焼け止めクリームの紫外線吸収効果を測定する。

- ① 紫外線強度計の受光部を紫外線光源に向け、紫外線強度を測定する。
- ② スライドガラス1枚を受光部に載せ、紫外線強度を測定する。
- ③ スライドガラスを2、4、8枚と順に受光部に載せ、紫外線強度を測定する。
- ④ ①と同じように紫外線強度を測定し、①の値と平均して直接測定の強度とする。
- ⑤ ガラスの枚数の違いによる紫外線の吸収率を計算する。
- ⑥ スライドガラス1枚にSPF値の異なる日焼け止めクリームを均一に塗り、受光部に載せて紫外線強度を測定し、紫外線吸収率を計算する。

注) 日焼け止めクリームを塗るときは、同じような厚さに塗ること。

場所によって塗り方に差があるので、測定は3箇所で行い平均を求める。

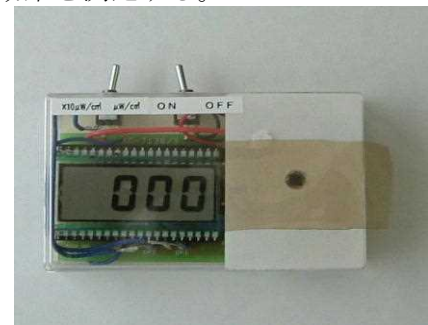
- ⑦ UVカットシートを受光部に載せ、紫外線吸収効果を測定する。



ブラックライトを使った吸収実験



スライドガラスに日焼け止めを塗る



受光部にUVカットシートを置く

		紫外線光源の強度(実験の前後で計測して、平均をとる)				
直接測定		①測定前 $\mu W/cm^2$		④測定後 $\mu W/cm^2$		平均値・・・(A) $\mu W/cm^2$
紫外線の吸収実験		紫外線強度 ^(B)			吸収率 $((A-B)/A) \times 100$	
ガラスでの吸収	スライドガラス 1枚	$\mu W/cm^2$			%	
	〃 2枚	$\mu W/cm^2$			%	
	〃 4枚	$\mu W/cm^2$			%	
	〃 8枚	$\mu W/cm^2$			%	
		1箇所目	2箇所目	3箇所目	平均 $\mu W/cm^2$	吸収率 注)
日焼け止め	SPF()					%
	〃 ()					%
	〃 ()					%
UVカットシートの効果		$\mu W/cm^2$			%	

注) 日焼け止めクリーム of 吸収率を計算するときには、スライドガラス1枚のときの紫外線強度を A の値として使う。

(2) 布地の色による紫外線吸収効果の違いを比べる。

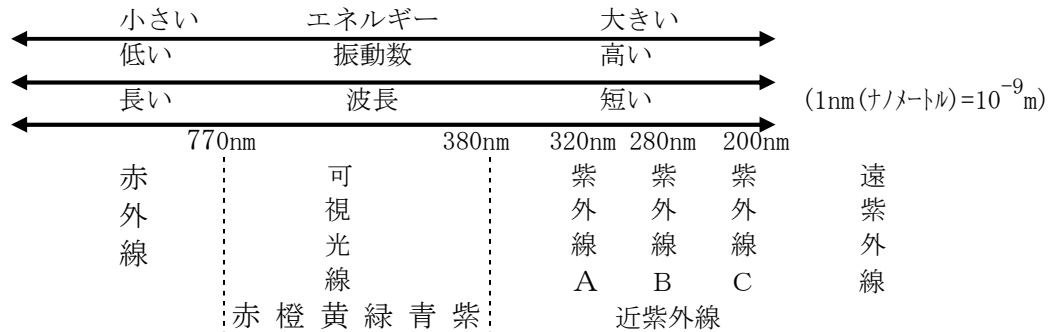
- ① 紫外線強度計の受光部を紫外線光源に向け、紫外線強度を測定する。
- ② いろいろな色の布地を受光部に置き、紫外線強度を測定する。布の織り目により吸収効果が異なるので、3箇所計測して平均値を求める。
- ③ ①と同じように直接測定して平均をとり、各色での吸収率を計算する。

		紫外線光源の強度(一定でないので、実験の前後で計測し平均する)				
直接測定		測定前 $\mu W/cm^2$		測定後 $\mu W/cm^2$		平均値・・・(A) $\mu W/cm^2$
紫外線の吸収実験		紫外線強度 ($\mu W/cm^2$)				吸収率 $((A-B)/A) \times 100$
		1箇所目	2箇所目	3箇所目	平均値 ^(B)	
布での吸収	白い布					%
	赤い布					%
	青い布					%
	黒い布					%

紫外線 Q & A

Q 1 紫外線とはどのようなものか。

A 1 私たちの見る光の色は、光の波長によって決まる。私たちが目に感じることのできる光の波長は、約 770nm～380nm（1 nm は 10 億分の 1 m）の範囲で、この範囲よりも波長が短く、エネルギーの大きい光で 380nm～10nm のものを紫外線という。



紫外線 A は、皮膚の深部まで入り込んで、シミやソバカスの原因になる。紫外線 B は影響がさらに強く、皮膚ガンや白内障を引き起こすが、大気の上空にあるオゾン層によって、その多くが吸収される。紫外線 C や遠紫外線は、大気の上空で完全に吸収され地表に達することはない。

しかし、紫外線には、ビタミン D の生成によるくる病の予防と治療、空気や水の殺菌という効用がある。

Q 2 どれくらいの紫外線を浴びると日焼けするのか。

A 2 紫外線から受ける影響は人によって違うが、多くの日本人の場合は、薄曇程度の天候（紫外線強度 2000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）なら、1 時間以内に日焼けが始まる。

2000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ → 1 時間以内に多くの日本人が日焼けする

3000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ → 30 分間ほどで日焼けが始まる

4000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ → 30 分以内に多くの日本人が日焼けする

「曇の日の方が紫外線が強い」と言う人がいるが、これは誤りである。曇の日は日差しが弱いので紫外線対策をきちんとせず、予想外に日焼けしたために意外に思っただけである。

Q 3 なぜ今、紫外線が問題となっているのか。

A 3 以前、冷房やヘアスプレー等にフロンガスという気体が使われていたが、そのフロンガスでオゾン層が破壊され続けていることが分かった。このオゾン層は、太陽からやってくる有害な紫外線から地球の生命を守っている。そのオゾン層が破壊されているために、地上に達する有害な紫外線の量が増え、皮膚ガンの増加などが心配されている。

Q 4 紫外線のことを UV と表すのはなぜか。

A 4 紫を英語で言うと、purple(赤紫)、violet(青紫)となる。白色光を分散させスペクトルで観察すると、波長の短い方は青紫の濃いものとなる。その紫(violet)のさらに外側にあるので、超(Ultra)紫(Violet)と呼び、その頭文字をとって、UV と表す。

Q 5 紫外線の強さを予測することはできるのか。

A 5 平成 17 年 5 月より、気象庁から紫外線情報が提供されている。また、これを元に民間の気象情報会社も分かりやすい紫外線情報を提供している。