

2020年度 研究活動報告書

「紫外線のリスクから身を守る方法の検討」

鳥取県立倉吉東高等学校 探究学習化学ゼミ

1. 背景（研究の動機）

日焼け止めの評価は人体実験を用いて行われている⁽¹⁾⁽²⁾。被験者の背部に単位面積あたり一定量の試料を複数箇所塗布し、それぞれに照射量を変えながら紫外線を照射する。16～24時間後の照射部位の皮膚の変化の有無をもとに、変化をもたらす最小紫外線量を求め、日焼け止めの性能を算出している。この際、すべての照射部位に皮膚の変化が認められる、あるいは皮膚の変化が認められない場合は変化をもたらす最小紫外線量が定まらないため、適切に紫外線照射量を決定する必要がある。SPF測定法は皮膚に現れる紅斑反応、UVA 防御測定法 (PA) は皮膚の持続型黒化をそれぞれ利用している。なお、最終的に製品に表示する値を求めるには 10 名以上の被験者で同様の試験が必要である⁽³⁾。日焼け止めには、使用する環境に応じてシェーキングタイプ、ジェルタイプ等の剤型が多種類あるとともに耐水性効果などの機能を持たせたもの等、多くの種類が存在する。多種にわたる日焼け止めを評価する上で、人体実験は実際のヒトに起こる皮膚反応を指標としている点で優れている。その一方で、紫外線に対する感受性に個人差があることによる評価のばらつきが生じることが考えられるとともに、安全性や費用面で課題がある⁽³⁾。そこで、紫外線センサを用いて、人体実験を行うことなく日焼け止めの効果を評価することは可能かどうか検討する必要性を感じた。

2. 目的

紫外線センサを用いた簡易的な装置を作成し、日焼け止めの効果を評価する方法を見出すことを本研究の目的とした。

3. 活動の内容

3.1 出前講義：実施せず

3.2 その他の活動

鳥取県立倉吉東高等学校探究学習中間発表会で発表

日時：2020年10月7日（水）13時20分～15時30分

発表題目：「紫外線のリスクから身を守る方法の検討」

発表形態：ポスター発表

発表者名：林 菜々花（2年）、室山 穂香（2年）

4. 研究成果の発表

鳥取県立倉吉東高等学校探究学習成果発表会で発表

日時：2021年1月30日（土）9時00分～15時30分

発表題目：「紫外線のリスクから身を守る方法の検討」

発表形態：ポスター発表

発表者名：林 菜々花（2年）、室山 穂香（2年）

5. 研究の成果

5-1. 紫外線強度計および紫外線光源装置の作成

紫外線センサ ML8511 (ローム株式会社製) を用い、紫外線の強度を電圧の値として数値化する装置を作成した(図1)。

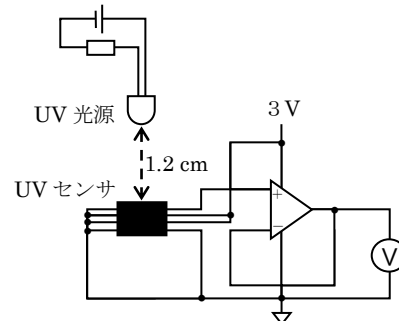
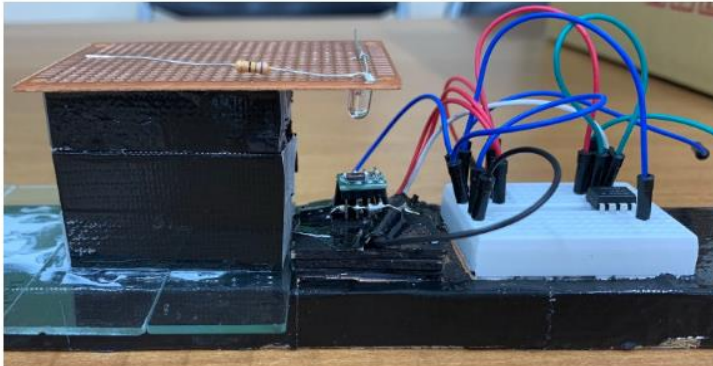


図1 作成した紫外線強度計と紫外線光源装置 (左) およびその模式図 (右)

- ・紫外線光源装置：紫外線 LED 極大波長 365 nm OSV1YL5111A(OptoSupply 製)
光源電源電圧 5V、制限抵抗 75 Ω を利用
- ・紫外線強度計：UV センサ ML8511(ローム株式会社製、波長 400~315 nm
315~280 nm に対応)を利用、電源電圧 3V
アンプ NJU7043 (新日本無線製)、電圧計 TST-D10B (オーム電機)
UV センサと LED 間の距離 1.2 cm

日焼け止めは成分に紫外線吸収剤 (メトキシケイヒ酸エチルヘキシル等) や紫外線散乱剤 (酸化チタン等) を含み、皮膚表面に塗布することで紫外線が皮膚に届きにくくしたものである。作成した装置は紫外線光源と紫外線強度計からなり、光源と強度計の間にディスポ UV セル内に日焼け止めを塗布したプラ板を差し込んだもの設置する。光源で生じ日焼け止めを透過した紫外線量を数値化し、日焼け止めを塗布しない場合と数値を比較することで日焼け止めの効果 (紫外線の遮蔽効果) を評価することができる。

5-2. 日焼け止め効果の測定の予備実験

日焼け止め効果を評価する方法を検討するために、作成した紫外線強度計により太陽光中の紫外線量を数値化することとした。次に紫外線 LED 光源の強さおよび日焼け止めがどの程度紫外線を遮蔽するのかを知るために簡易的な測定を試みた。

調査1 8月26日の日光の紫外線量の数値化

実験手順

- ①作成した装置の光源部分を取り除いた。
- ②太陽光に対してセンサ部分が垂直になるように設置し、紫外線量を測定した。

調査2 日焼け止め効果の測定の予備実験

実験手順

- ①プラ板に 1cm×1cm になるように日焼け止めを塗る
- ②プラ板をディスポ UV セルに入れる (図2)
- ③セルを UV センサと紫外線光源 LED の間に設置する (図3)
- ④紫外線を照射し、透過した紫外線の強度 (テスターの示す電圧) を測定する



図2 日焼け止めを塗布した
プラ板をセルに入れた様子

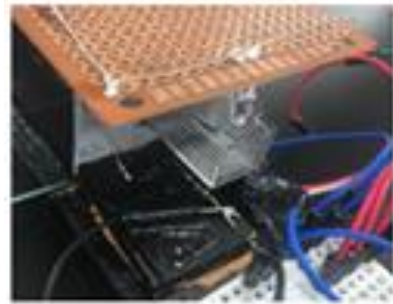


図3 セルを UV センサと光源
の間に設置した様子

調査1 および2の結果と考察

調査1 および2の結果を以下に示す (図4)。

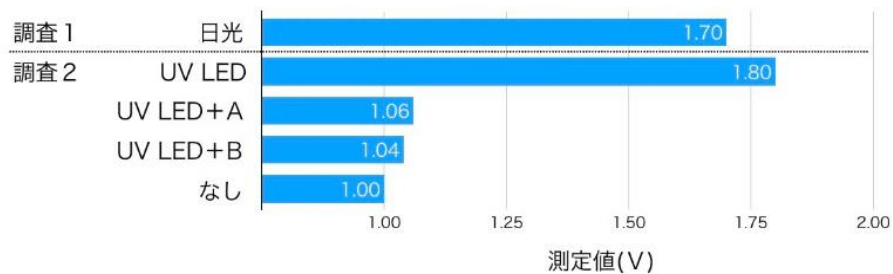


図4 調査1 および2の結果

日光：調査1で日光中の紫外線を測定した際の測定値 (V)

UV LED：光源を点灯し日焼け止めを塗布していないプラ板およびセルを透過した紫外線量

UV LED+A：光源を点灯し日焼け止め A (SPF50+ PA++++ (33 円/g)) を塗布したプラ板およびセルを透過した紫外線量

UV LED+B：光源を点灯し日焼け止め B (SPF50+ PA++++ (11 円/g)) を塗布したプラ板およびセルを透過した紫外線量

なし：光源を点灯していない状態で紫外線強度計が示す電圧値 (V)

作成した装置は、光源の光を当てない状態で 1.00 V を示す。ここに真夏日の日光を当てたところ紫外線量は 1.70 V を示したことから、日光中の紫外線量を 1.00~1.70 (V) の数値の範囲で数値化することができた。光源装置のみで測定値 1.80 V となり、作成した紫外線光源の紫外線強度は夏日の紫外線量と比較してやや高い値を示した (114 %)。日焼け止め A よび B の2種類の日焼け止めについて実験を行ったところ、紫外線をいずれも 94 % 遮蔽した。A と B の SPF 値および PA 値には差はなく、測定結果は性能表示と結果が一致するとともに紫外線をよく遮蔽することが分かった。

なお、性能表示が低い日焼け止め C (SPF28 PA++ (6.2 円/g)) を用いて同じ方法での測定を試みたが、塗布した製剤がプラバンになじまず弾かれてしまい、紫外線の透過量を測定することができなかった。このような物理的な測定条件の制約から、日焼け止めの評価には今なお人体実験が用いられていると考える。

5-3. 日焼け止め効果の測定方法の検討

5-2. の方法で測定できなかった日焼け止め C を測定するために、測定方法の検討を行ったところ、プラバンで日焼け止め剤を挟み込む方法（以下、挟み込み法）を見出した。この方法であれば、プラバンになじまず予備実験では測定することが出来なかった日焼け止めも測定することが可能となった。

調査3 挟み込み法による日焼け止め効果の測定

挟み込み法による測定方法

1.5 cm 四方に切り取ったプラバン（ポリスチレン製、厚さ 0.3 mm）に、日焼け止めを 1 滴程度滴下する。次にもう一枚のプラバンで試料を挟み込む。周りからはみ出た試料はキッチンペーパーで拭き取る。なお、挟み込む前後の質量の変化から、挟み込んだ日焼け止めの質量はいずれの試料も 0.01 g 程度となった。また、試料の位置による測定誤差を少なくするため、UV センサと LED 間の距離を狭め 5 mm とした。模式図を図 5 に示す。

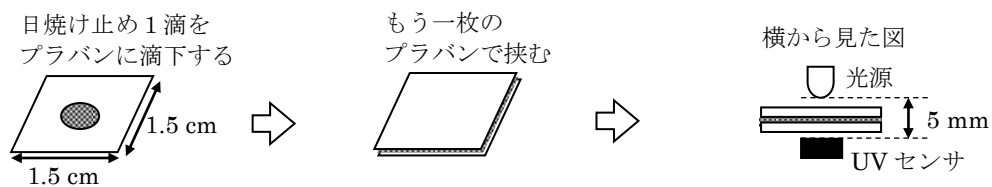


図 5 挟み込み法による測定方法の模式図

調査3の結果と考察

調査3の結果を以下に示す（図6）。なお、遮蔽率（%）は以下に示す計算式を用いて求めた。

$$\text{UV遮蔽率（\%）} = \frac{X-Z}{X-Y} \times 100$$

X：日焼け止めを塗布していないプラバン2枚を透過した紫外線の電圧値

Y：光源を点灯していない状態で紫外線強度計が示す電圧値

Z：挟み込み法を行った際に紫外線強度計が示す電圧値

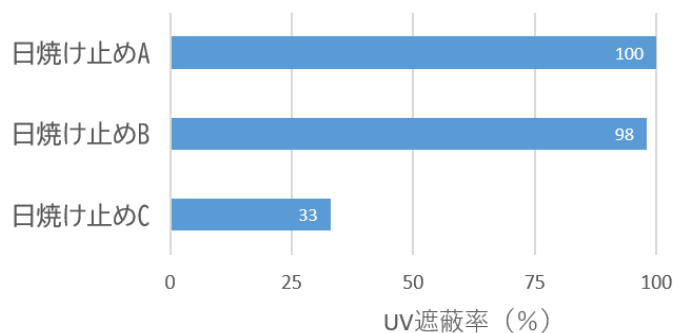


図6 日焼け止めの UV 遮蔽率の違い

日焼け止め A：SPF50+ PA++++ (33 円/g)
 日焼け止め B：SPF50+ PA++++ (11 円/g)
 日焼け止め C：SPF28+ PA++ (6.2 円/g)

図6で示すように、挟み込み法によると性能表示が低い日焼け止めC (SPF28 PA++ (6.2円/g)のUV遮蔽率は他の日焼け止めA、Bと比較して低い値を示した。このことから本研究で見出した挟み込み法は日焼け止めを評価する能力をある程度有すると考える。試料を挟み込むことで、プラバン上で試料が水滴状となるのを防ぐことができたためUV透過量を測定することができた。課題としては挟み込む試料の量や層の厚さを任意に設定するのは困難であり、再現性の高いよりよい方法を今後とも検討する必要がある。

5-4. 日焼け止め効果の継続時間の測定

性能表示が高い日焼け止めA (SPF50+ PA++++ (33円/g) および性能表示が低い日焼け止めC (SPF28 PA++ (6.2円/g) の、紫外線を照射し続けた際の紫外線遮蔽率の時間変化を挟み込み法により調べた。

調査4 紫外線を照射し続けた際の日焼け止めのUV遮蔽率の時間変化 測定方法

挟み込み法により試料を準備し、光源から紫外線を照射したまま静置した。紫外線強度計により測定値を20分おきに記録した。

調査4の結果と考察

調査4の結果を以下に示す(図7)。

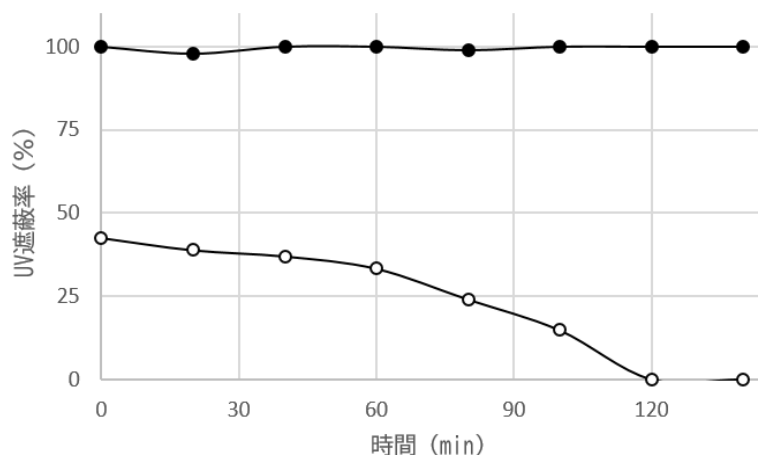


図7 紫外線を照射し続けた際の日焼け止めのUV遮蔽率の時間変化
 ● 日焼け止めA : SPF50+ PA++++ (33円/g)
 ○ 日焼け止めC : SPF28+ PA++ (6.2円/g)

図7より、日焼け止めCは時間の経過とともに遮蔽率は低下し、およそ2時間を超えると紫外線遮蔽効果がなくなることが分かった。見た目にもUV照射前、薬剤は白色をしているが、しばらく時間が経つと無色透明に変化した。なお、日焼け止めCは子どもへの使用を目的としているものであり、肌にやさしいことをセールスポイントにした商品である。プラバンで挟み込んだ比較的稳定な環境においても、時間の経過とともに遮蔽率は低下することを考えると、長時間の外出で使用する際は日焼けのリスクを避けるためにこまめに塗り直すと思われる。また、UV照射開始時に4-3.測定値よりも高い遮蔽率を示しているのは、試料の量や厚さが異なるためと考えられる。挟み込み法の再現性の改善は今後の課題である。

日焼け止めA(およびB)については、実験の数日後に測定してもUV遮蔽率がおよそ100%を示

した。実験中は白色液体の状態が続き、数日後にはプラバンの中に白色粉末状の粒子が観察された。挟み込み法のようなプラバンの間での環境であれば、空気による劣化や薬剤が剥がれ落ちることなどが無いため、効果が長時間続くと考えられる。このため、日焼け止めの長時間の利用について評価するためには、使用目的に合わせて、その環境下における肌環境に実験条件を近づける工夫についての検討が必要である。

6. 「環境安全とリスク」に関する意見と感想

今回の研究にあたって、日焼け止めの評価が人体実験を用いて評価されているということを知りました。安全面のリスクや費用問題など、様々な課題があり、装置での評価を可能にすることでそれらを解決することを目標に研究を進めることができました。

装置を作成する際、自ら回路を組み立てることが初めてで、導線をつないだり、計測しやすい配置を考えたりするのに苦戦しました。実験をすると課題の繰り返しで、その度に考察し、何度も装置を組み替えてやり直しを繰り返しました。実験を通して、条件を一定にすることが結果に大きく影響するということが、何度同じ実験をしても同じ結果がでることが重要であると学びました。実験をして、課題点を考察し、それを次回の実験に生かすことの繰り返しがより正確な研究につながっていくのだと感じました。今回の研究結果は、今後の日焼け止めの評価方法について期待のできる面白い研究になったと思っています。

身近な環境が日々私たち人類に与えている影響は多大なるものです。日焼け止めはその影響から私たちを保護してくれる製品の一つですが、それをリスクある方法で評価するというのは考えるべき課題であると思います。この他にも環境問題に対する課題点は無数に残っています。今回の研究を通して、こうした問題を解決するために現状を把握し、より効果的な製品や評価方法を検討していくことができればよいと思います。

名古屋大学環境安全衛生管理室 准教授 林瑠美子先生のご助言を大変参考にさせていただき、研究をやり遂げることができました。本研究から多くのことを学び、これからの人生の糧になるとてもよい経験になりました。ご協力いただいた皆様に感謝いたします。ありがとうございました。

7. 今後の課題

- ・日焼け止めを評価する際の塗布する日焼け止めの厚さや量など一定の条件で比較する方法について考える。
- ・日焼け止めの長時間の利用について評価するためには、使用目的に合わせて、その環境下における肌環境に実験条件を近づける工夫についての検討が必要である。

8. まとめ

- ・作成した紫外線強度計、UV 光源および挟み込み法により、日焼け止めの性能を数値で表すことに成功し、その違いは日焼け止めに表示されている性能と一致した。
- ・挟み込み法において日焼け止めの量や厚さの再現性を高める方法や、実験条件を肌の環境に近づける方法の検討が必要である。

参考文献および HP

- (1) 水野誠 (2013) 「紫外線防御効果測定法に関する最近の動向について」.粧技誌,第 47 巻,第 4 号,271

(2) 株式会社 TES ホールディングス SPF・PFA 測定試験.

<https://drive.google.com/file/d/1bsas9tCe0nr0q7dhKNcq3TY1EUDtzM2j/view?usp=drivesdk>.

2020年9月23日

(3) 佐藤潔(2017) 「紫外線防止効果測定について —SPF・PA 測定法の現状と課題—」化粧品開
誌,vol.41,No.1,48