

高大接続「科学探究」講座による紫外線防止効果の 評価法の検討と教材化

－『日焼け止めクリーム』は紫外線をどの程度カットするの？－



帝塚山中学校・高等学校
教諭 仲島 浩紀

1 はじめに

帝塚山中学校・高等学校は、将来の進路目標に応じて男子英数コース、女子英数コース、女子特進コースという3つのコース制をとっている。2つの女子コースは、理系の学部への進学を希望する生徒が比較的多く、将来研究職に就きたいと考えている者も少なくない。しかしながら、大半の生徒は研究者という職業を具体的にイメージできていないのが現状である。そこで、中学校・高等学校一貫における6年間のキャリア教育を見据えた上で、2008年度から女子コースと奈良教育大学の間で高大連携「化学実験」体験講座を実施してきた(図1)。

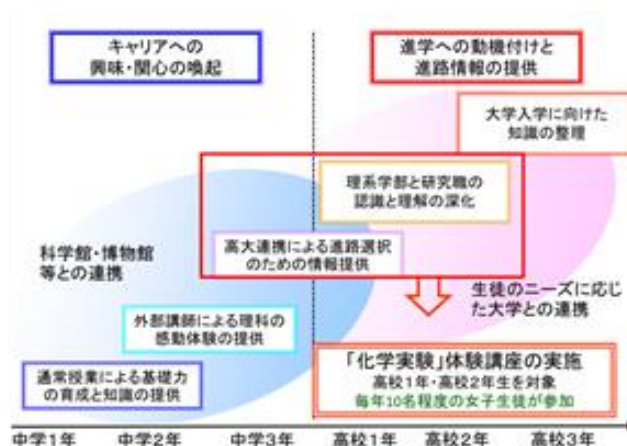


図1 6年間におけるキャリア教育と「化学実験」体験講座の位置づけ

講座の大きな目的は以下の2つである。

- ・研究者による講演や大学研究室への訪問、さらに一連の化学実験体験活動を通じて研究活動の一端を垣間見ること、研究職への理解と認識を深める。
- ・高等学校「化学」と身近に存在する「化学」に密接な関係があることに気付く。その密接な関係への気付きから、化学に対する興味関心を高める。

これらの目的のもと「化学実験」体験講座では、化学系研究室の見学や大学教員の講演、基本的な実験操作の確認から大型分析装置(電子スピン共鳴分光器; ESR)を用いた実験などを行っている。本来、ESRの原理やその理解には、高校生がまだ学んでいない量子化学など専門的な知識が必要となり簡単ではない。しかしながら、量子化学と分子の動的挙動を知ることができる ESRを用いた実験は、高校生の実験体験だけで終わるものでなく、量子化学を学習しない高等学校と学習す

る大学の化学教育の架け橋にもなると考え ESR を用いた実験体験を一つの柱として講座では取り入れている。

講座の概要としては、高校1年生や2年生を対象に、受講希望者を募集し、土曜・日曜日を利用して奈良教育大学の研究室で講義や実験を実施してきた。理系研究室の紹介から始まり、ガラス細工や基礎的な実験を行った後、ESR を用いた実験を行う。簡単な ESR 測定の実験を通じて、ESR について学習させた後、生徒たちに実験テーマを決めさせ、3-5名程度のグループに分かれ実験を行うというのが一連の流れである。毎年10名前後の生徒が受講を希望し、実験を行ってきた¹⁻³⁾。

今年度は、「化学実験」体験講座を始めて10年という節目の年であることや、大学とのより高度な連携と幅広い理系分野の探究活動を実施するために、名称を高大接続「科学探究」講座と改め活動を行った。

2 本研究の背景

これまでの取り組み—ESR 法による身近に存在する食品や素材に存在する遷移金属イオンや有機ラジカルの検出—では、高校生の研究とは言え、高校生の唯一の発表者として専門の学会で発表できるような結果を得てきた。2014年11月には、奈良で開催された国際会議（Conference of APES-IES-SEST 2014）において研究成果を発表する機会⁴⁾を得て、国内外の研究者からも一定の評価を受けた。その中で特に外部から評価を得たのは、「日焼け止めクリームの紫外線防止効果の検討」である。

近年、紫外線による日焼けの有害性が認識され、その対策として実際に多くの女子高校生も普段から日焼け防止クリームを塗り、その効果も実感している。しかし、日焼け防止クリームには様々な種類があり、価格も様々でその効果にも違いがみられる。この違いを化学的に調べたいと高校生自らが、実験テーマを設定し、実験を行ってきた。ESR を用いた紫外線防止効果の評価方法は、本グループオリジナルであり、定量的な分析結果も少しずつ得られ始めている。

本研究では、高校生たち自身によって、この評価方法の精度を向上させるとともに、研究成果を広く理解してもらえるような教材（資料）の作成を目的とした。

3 今年度の活動

2018年度は、女子全コース2年生を対象に募集を行い、結果11名の参加があった。募集後、5月～3月かけて紫外線防止効果を謳う製品の紫外線防止効果について検討を行った。平常時は高等学校で実施（放課後や土曜日の午後を利用した課外活動）し、夏休みなどの長期休業時には大学に赴き大学教員のアドバイスを受けながら大学が保有する大型分析装置（ESR）を用いた実験も行った。

具体的には、日焼け止めクリーム成分の単離と精製から始めて、有効成分である酸化チタンの紫外線防止効果の定量化を目指した（図2）。



図2 日焼け止めクリームの分離

実験結果や ESR に関するアドバイスを受けるため、ESR の専門研究会である ESR フォーラムに参加した。ESR フォーラム研究会は、若手 ESR 研究者の支援および ESR を学ぶ学生の育成を主眼に置き、毎年1回の研究集会を通じて、ESR やフリーラジカルに関する知識および技能の向上を目指す研究会である。実際に毎年1回の発表会には、ESR を研究手法の一つとする研究者から磁気共鳴の研究者まで物理・化学・生物・地学の幅広いジャンルの研究者や大学院生等が約50名程度参加している。

2018年度は、同志社女子大学（7月21日実施）において開催され8名の生徒が参加した。研究会の途中には、特別に本校生徒のために同志社女子大学キャンパスツアーを実施して頂いた。



図3 研究会実行委員長と参加生徒との集合写真

ツアーでは、理系研究室に在籍する大学生や大学院生との座談会もあり、理系を選択したキャリアについても実体験を交えながらいろいろとアドバイスを頂くことができた(図3)。表1に参加した生徒の感想を示す。学会という研究者が自身の研究を発表する場に参加したことで、研究に対する様々な視点などが印象に残っていることが読み取れる。なお、研究会に参加した様子は、電子スピンスイエンス学会の会誌にも紹介して頂いた⁵⁾。

表1 ESR フォーラムに参加した生徒の感想文(一部抜粋)

<ul style="list-style-type: none"> ・本当に難しく、理解できないところも多くありましたが、質問をすると、私たち高校生にもわかりやすい言葉で教えてくださいましたので、なるほどと思わせる発見もたくさんありました。大学院生たちの、様々な視点や発想があって、化学に対する興味はますます深くなりました。今回のESRフォーラムを生かして日々の化学の授業でも、いろんな点から疑問をもち、発見を増やしていく姿勢を身に付けたいと思います。 ・フォーラムでは、いざ参加してみると話し手の方が一つ一つ、私たちに視線を合わせながら会話を交えて説明してくださいましたので身構えていたよりずっと内容が分かり易く、また楽しく学べました。専門的な内容が多かったのですが多くの方の説明と協力があって、ある程度の理解が出来たと思います。終わってみると難しい内容ばかりでしたが、様々な経験をさせて頂き、意義のある1日になったと思います。
--

得られた研究成果を広く理解してもらえよう教材(ポスター)の作成を行った。作成したポスターを次項に資料として示す。できるだけ多くの方に興味を持ってもらえるように図や写真を多く配置し、自分たちがやってきたことを丁寧に説明できるよう心掛けて生徒たちの手で完成させた。完成したポスターは、学校の化学実験室前に掲示して公開している。また、研究内容の詳細については日本化学会の「化学と教育」誌への投稿を目指し、現在生徒たちとともに執筆中である。

謝 辞

本講座は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団(科学教育振興助成)の支援を受けて実施しました。ESRフォーラム研究会事務局の西村公雄先生(同志社女子大学)・田嶋邦彦先生(京都工芸繊維大学)には、高校生のESRフォーラム参加や研究室見学ツアーなどさまざまな場面でご協力を頂きました。また、研究全般に関して、梶原篤先生(奈良教育大学)にご指導・ご協力を頂きました。ここに記して感謝致します。

参考文献

- 1) 仲島浩紀, 梶原 篤 高大連携「化学実験」体験講座の試みとその成果—高校生が調べた身近な化学物質—, 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 2010, 19, 201—206
- 2) 仲島浩紀, 梶原 篤 高校生による ESR を用いた化学的探究活動—紫外線防止ストッキングの紫外線防止効果—, 奈良教育大学教育実践総合センター研究紀要, 2012, 21, 193—198
- 3) 仲島浩紀, 梶原 篤 キャリア教育を見据えた高大連携「化学実験」体験講座の取り組み —ESRフォーラム研究会の高等学校での開催—, 奈良教育大学教育実践開発研究センター研究紀要, 2013, 22, 255—259
- 4) 仲島浩紀, 梶原 篤 グローバルな視点を育む「化学実験」体験講座の取り組み—高校生による国際会議での発表を通じて—, 奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要, 2016, 2, 271—275
- 5) 西村公雄, ESR フォーラム研究会開催報告, 電子スピンスイエンス, 2018, 31, 145



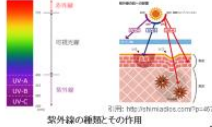
女子高生による素朴な疑問 日焼け止めクリームは紫外線をどの程度カットするの？



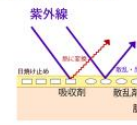
Introduction | 日焼け止めは本当に紫外線を防いでいるの？

今や、日焼け止めクリームは日用品である。日焼け止めクリームにも様々な種類があるが、これらに違いはあるのだろうか、また本当に紫外線を防いでいるのだろうか。

そこで、紫外線と日焼け止めについて簡単に調べてみたところ、右図のように紫外線にもいくつかの種類があることがわかった。



日焼け止めの仕組み



①紫外線散乱剤

酸化チタンや酸化亜鉛等の鉱物由来の物質が用いられる事が多い。これらの物質は白い色をしており物理的に紫外線を反射、散乱させて肌に届かないようにする効果がある。

②紫外線吸収剤

有機化合物が用いられる。これらの物質は紫外線に当たる熱エネルギーなどに変換され、結果的に紫外線は肌に届かなくなる。無色透明なので白浮きはしない。

Purpose2 | 酸化チタン含有量と化学反応するか否かの検証

Result1より、SPF50の日焼け止めクリームは80%という非常に高い紫外線防止効果があることがわかった。SPF50の日焼け止めクリームには唯一、酸化チタンが含まれている。紫外線散乱剤として用いられている酸化チタンは一体どの程度含まれているのだろうか、酸化チタンの含有量を調べた。



酸化チタンとは

白色顔料や紫外線散乱剤、食品添加物(着色料)として利用されている。調べてみると、一切害はないという記述や強い毒性をもつとする記述などが見つかった。花王(株)に問い合わせたところ、「ただ紫外線を反射しているだけで化学反応は一切していない」と答えてくれた。しかし、光触媒という性質をもつ酸化チタンは本当に何ら化学反応を起こさないのだろうか。



Purpose1 | 日焼け止めクリームの紫外線防止効果の検証

これは実際に効果があるのか！！ SPFの値別にその防止効果を検証した。

SPFとは

SPF=(日焼け止めクリームを塗った場合の炎症までの時間)÷(塗らなかった場合の時間)
つまり、日焼け止めを塗ると、紫外線(UV-B)があたって皮膚が炎症を起こすまでの時間を、SPFの値を掛けた時間だけ延長できる、ということである。



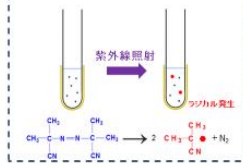
SPFの値が異なる日焼け止めクリームが市販されている。(写真は、花王とpigeonのHPより引用)

Method 2 | 酸化チタンを分離。ESR*を用いて、ラジカルを測定する



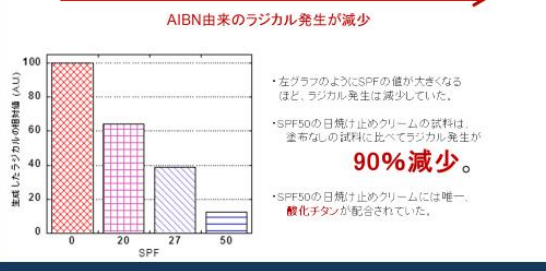
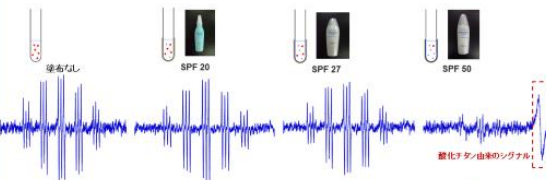
Method 1 | ESR*を用いて、ラジカルを測定する

ESRチューブを皮膚に見立て、チューブ外側に日焼け止めクリームを塗って、チューブ内部に紫外線によりラジカルを発生する重合開始剤を入れ、日焼けのモデルとする。



- ESRチューブ内側に、重合開始剤(AIBN)をベンゼンに溶解した液体を入れ、室を充填させる。
- 各ESRチューブの外側に、SPF 20,27,50の日焼け止めクリームを塗布し、紫外線を照射してサンプルを作成する。
- ESRでラジカルの発生を測定する。

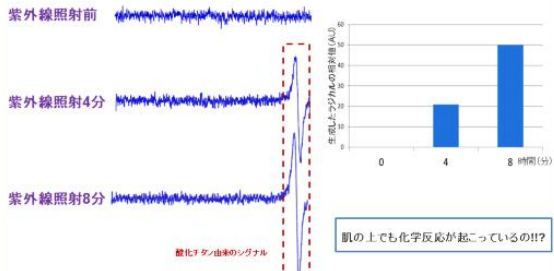
Result 1 | SPFの値が大きいサンプルほど、ラジカルの発生は少ない



・左グラフのようにSPFの値が大きくなるほど、ラジカル発生は減少していた。
・SPF50の日焼け止めクリームの試料は、塗布なしの試料に比べてラジカル発生が**90%減少**。
・SPF50の日焼け止めクリームには唯一、酸化チタンが配合されていた。

Result 2 | 紫外線を照射し続けると、酸化チタン由来のラジカル発生が増加。

・日焼け止めクリーム I 30.12g (30ml) 中、酸化チタンは3.87g (12.8%)
日焼け止めクリーム II 30.95g (30ml) 中、酸化チタンは3.89g (12.6%)
*水酸化ナトリウム水溶液に沈澱を溶解させること、振作って粉末が浮いていため、エタノールを少量追加、よって分離した粉末が酸化チタンのみであるかどうかは要検証
・紫外線の照射によってTP*ラジカルを発生、さらに照射し続けるとラジカルの量が**増加**。



Summary | 日焼け止めクリームは確かに紫外線を防止しているけど、酸化チタンは大丈夫なの？

- ・Result1より、SPFの値の大きい日焼け止めクリームほど、紫外線防止率が高いことがわかった。
- ・Result2より、紫外線の照射によって、酸化チタンはラジカルを発生させることがわかった。
- ・花王(株)によると日焼け止めクリーム中における酸化チタンは紫外線を反射するだけのことだが、果たして本当に反射のみなのか、上記の結果が得られたが、化学反応は起きていないのだろうか。
- ・理論上はうまくいく実験も、実際にしてみるとどうもよくないことを実感した。

本研究は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の支援を受けました。
インタビューに答えて頂いた花王株式会社の消費者相談室の担当者様、ありがとうございました。
奈良教育大学の梶原篤 教授には、研究全般でアドバイスを頂き感謝いたします。
ここに記して感謝致します。