

紫外線カット材による野外スポーツウェアの 耐光性改善と身体防護性能付与に関する研究

大阪教育大学 織田博則
(共同研究者) 名古屋女子大学 杉山章
奈良県工業技術センター 三木靖浩

The Human Skin Protection and Improving Light Fastness of Outdoor Sports Wears Using UV Cut Materials

by

Hironori Oda
Osaka Kyoiku University
Akira Sugiyama
Nagoya Women's University
Yasuhiro Miki
Nara Industrial Technology Center

ABSTRACT

The textiles for protection against harmful UV radiation has become the focus of great interest in the present time, but all apparel is not well-protected against UV light; application and improvement of UV absorbers for sun protective fabrics is therefore being sought. Various kinds of UV absorbers were synthesized in an attempt to increase the Ultraviolet Protection Factors (UPF) of UV absorbers, and prolong the life of dyes.

It was found that hydroxybenzophenone bearing group which is capable of acting as benzotriazole UV absorber shows very high UPF value, and play an important role also in improving the light fastness of dyes. It was proposed that 2,2',4,4'-tetrahydroxy-5-

benzotriazolylbenzophenone may be used as effective UV absorber for sun protective sports wears.

要 旨

有害紫外線から肌を守る衣服の開発は現在非常に大きな関心を呼んでいる。しかし、現在用いられているアパレル製品の殆どは肌への紫外線曝露を余り減少させていない。その為、野外スポーツウェアにおいては、有効な身体防護性能と耐光性改善効果を有する紫外線カット材の開発が望まれている。ここでは、紫外線防護係数 (UPF) の増大と染色布の高耐久化を目的として、色々な種類の紫外線カット材を合成し、その効果を市販品と比較検討した。その結果、ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤としての効果を有するヒドロキシベンゾフェノン系紫外線吸収剤が非常に高い UPF を発現し、同時に染色布の耐光性改善にも重要な効果を果たしていたため、2,2',4,4'-テトラヒドロキシ-5-ベンゾトリアゾリルベンゾフェノンを野外スポーツウェアに対する有効な紫外線カット材として提案した。

緒 言

フロンによる成層圏オゾン濃度の減少は地球に到達する太陽紫外線の増大を招き、地球上の生き物に多大な悪影響を及ぼす事が予測される。そのため近年、紫外線による皮膚障害を防御する意識が高まってきた。UVカット剤は日焼けを防止することから、化粧品分野では古くから取り上げられているが、衣料関連分野では新しい。UVカット製品は、日用品では日傘や帽子など、インテリア等ではカーテンなどに利用されている。しかし、衣料用としては、ブラウスやシャツなどの一般用途の他に、ゴルフやテニスなどのスポーツウェアが好評で、農・漁業な

どの作業衣服としての使用も望まれている。UVカットは従来の衣服を高密度、厚地、濃色又は黒色化する必要がある、これらはカット機能を高くすると通気性の低下や保温性の向上を招き、ポリエステル系紫外線カット繊維 100% 使用の場合は汗処理が問題となる。また、光照射による衣服の劣化も問題となり、染料の退色は紫外線防護機能の著しい低下を招く事から問題は深刻である。更に、近年地球温暖化に関連して、住環境や車等へのUVカットフィルム施工等が試みられているが、未だ有効な温室効果ガス削減には至っていない。この現状の中、我々は先に一重項酸素脱活性基 (ニッケルスルホン酸基) を有する紫外線吸収剤関連化合物が有害紫外線 A 波、B 波さらには C 波を吸収するだけでなく、優れた染色物の耐光性改善効果を有する事を見出した¹⁾。

ここでは、優れた日光堅ろう度改善効果を有する紫外線カット材料の開発と、生活環境材料への応用を目的として、ベンゾフェノン・ベンゾトリアゾール縮合型紫外線カット材料を新たに合成し、その紫外線防護機能性をオーストラリア/ニュージーランド共同規格 (AZ/NZS4399:1996) の計算式より従来品と比較検討した。

染料や布が太陽の紫外線を吸収する機能は、肌を有害紫外線から保護するのに役立っているが、同時に染料を分解して染色布を劣化させる。光暴露によって生じる可視部での変退色と、変退色した布が紫外線遮蔽性能を顕著に失う事は良く知られている。

この事から、これら誘導体による染色布の耐光性改善効果についても従来の化合物と比較検討した。その結果、非常に高い紫外線防護係数 (UPF)²⁾

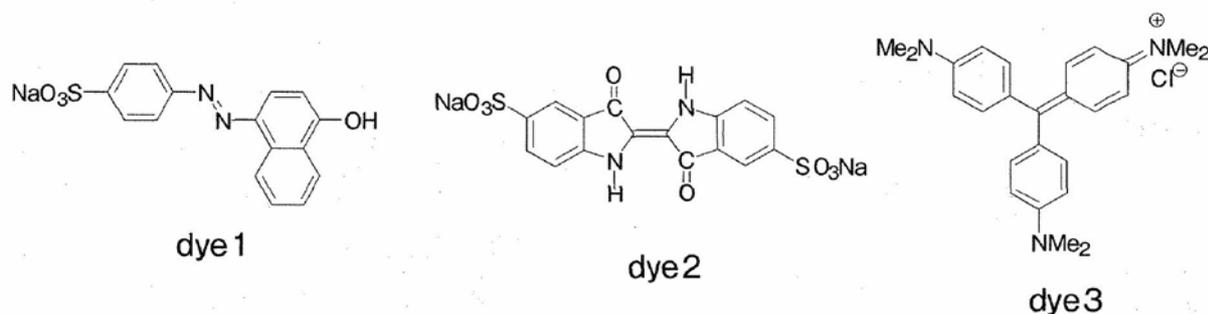


図1 Dyes used in the present study

と、優れた染色物の耐光性改善効果を有する紫外線カット材が見出されたので報告する。

1. 試料及び実験方法

1.1 材料

この実験で使用した染料オレンジ I (C.I. Acid Orange 20) (dye 1; λ_{\max} 474 nm), インジゴカルミン (C.I. Acid Blue 74) (dye 2; λ_{\max} 610 nm) およびクリスタルバイオレット (C.I. Basic Violet 3) (dye 3; λ_{\max} 560,595 nm) (和光純薬 (株)) の化学構造式は図 1 に示す。自動酸化防止剤 2,6-ジ-*t*-ブチルフェノール (HP),

ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤 2-(2-ベンゾトリアゾリル)-*p*-クレゾール (HBT), ベンゾフェノン系紫外線吸収剤 2,2',4,4'-テトラヒドロキシベンゾフェノン (HBP) (東京化成 (株)) は精製して用いた。セルロース tlc 板 (厚さ; 0.1 cm) はメルク社製を使用した。

ベンゾトリアゾール-ベンゾフェノン縮合型紫外線カット材料 2,2'-テトラヒドロキシ-5-ベンゾトリアゾリルベンゾフェノン (UV 1) は文献³⁾に従い合成し、精製した。ニッケル *p*-トルエンスルホン酸塩 (NTS) は先に述べた方法で合成・精製した⁹⁾。本研究で使用された安定化剤の化学構造式を図 2 に示す。

1.2 吸収スペクトルと UPF 計算

紫外線吸収剤 (1×10^{-3} mol dm⁻³) を N,N'-ジ

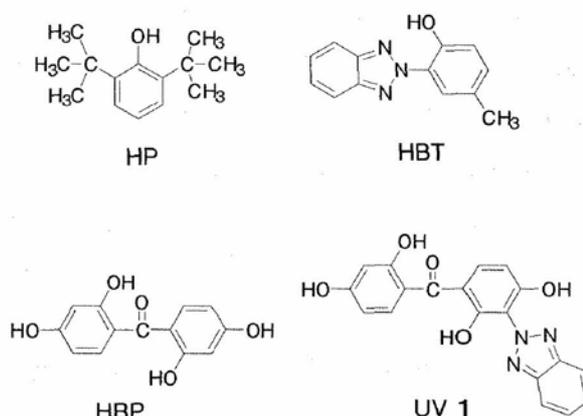


図2 Stabilizers used in the present study

メチルフォルムアミド (DMF) 10 cm³ に溶解して、酢酸セルロース (1 g) を加え、ガラス板にキャストイングし、150°C で 1 時間乾燥した。その後、減圧下 1 週間室温で乾燥して、紫外線吸収剤含有フィルム (厚さ; 59 ± 1 μm) を作成した。

DMF および酢酸セルロースフィルム中での紫外線吸収剤の吸収スペクトルは分光光度計 (JASCO V-550) を用いて測定した。

紫外線防護係数 UPF (Ultraviolet Protection Factor) は T% 測定後、オーストラリア/ニュージーランド共同規格 (AZ/NZS4399:1996) の計算式 (図 3) より求めた。

1.3 セルロース上での染料の光退色

オレンジ I (8×10^{-3} mol/l) をピリジン 5 cm³ に溶解し、紫外線カット材など添加物 (4×10^{-2} mol/l) を含む溶液と、含まない溶液を調整し

$$UPF = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times \Delta_{\lambda}}{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} \times S_{\lambda} \times T_{\lambda} \Delta_{\lambda}}$$

図 3 Equation for the calculation of the ultraviolet protection factor (UPF).

E_{λ} = relative erythemal spectral effectiveness; S_{λ} = solar spectral irradiance in $Wm^{-2}nm^{-1}$; T_{λ} = spectral transmission of the item; Δ_{λ} = bandwidth in nm; λ = wavelength in nm

た。これらの溶液 10 μ l をそれぞれ tlc セルロース板に滴下し、乾燥後 Solar Box (1500e, CO.FO. MEGURA.SRI., Italy) を用い、キセノンアーク灯 (550 W, 65 $^{\circ}$ C) を 10 及び 20 時間照射した。そして、ピリジン-1-ブタノール-水 (1:3:1) 混合溶媒で、15 cm 展開した後、乾燥した。島津社製 tlc クロマトスキャナー (CS-920 タイプ) を用いて、未分解色素量を積算し、未照射の場合の色素量と比較して退色率を求めた。

インジゴカルミン (6×10^{-3} mol/l) についても、添加物 (3×10^{-2} mol/l) を含むものと含まないピリジン溶液を作成し、tlc セルロース板に 10ml スポットし、キセノンアーク灯を 20 及び 40 時間照射したのち、ピリジン-1-ブタノール-水 (1:1:1) 混合溶媒で展開し、退色挙動を同様に追及した。同様に、クリスタルバイオレット (3×10^{-3} mol/l) もピリジンを用い、添加物 (1.5×10^{-2} mol/l) を含むものと含まないものについて、キセノンアーク灯を 5 及び 10 時間照射したのち、ピリジン-1-ブタノール-水 (1:1:2) 混合溶媒で展開し、同様な方法で退色率を求めた。

2. 結果及び考察

2.1 新規紫外線カット材の吸収スペクトルと身体防護性能評価

紫外線は 100nm から 400nm の波長を有する光であり、UV-C (100-290 nm) ,UV-B (290-315 nm) と UV-A (315-400 nm) に分けられる。地

球生物にとって非常に有害な光線は UV-C であるが、オゾン層により殆ど吸収されるが、オゾン層の破壊が最近問題となっている。

日焼けは皮膚が赤くなったり (紅斑, サンバーン), 黒くなったり (色素沈着, サンタン) した状態で、前者が主として UV-B, 後者は UV-A および UV-B によって発生する。

紫外線カット機能は、従来の衣服でも生地の様を工夫 (高密度, 厚地, 濃色・黒色化) すれば達成する事は可能である。しかし、これらカット機能を向上させると、通気性の低下や保温性の向上を招き、野外スポーツウェアとしての使用には問題がある。現在、紫外線カット材を繊維ポリマーに練りこむ方法と後加工して改質する方法が試みられているが、十分な紫外線カット機能は得られていない。ここでは優れた紫外線カット機能を有するスポーツウェアの開発を目的に、優れた紫外線吸収機能を有する化合物の開発を行った。

紫外線吸収機能を評価する手段として、UPF は一般には布に対する紫外線防護係数である。本研究では、新規に合成した紫外線カット材料がどの程度の紫外線防護係数を有するかを正確に、定量的に機能を評価するため、濃度と光透過距離が一定な溶液 (DMF) 中と酢酸セルロースフィルム中での UPF を求めた。UPF は計算式 (1) ²⁾ で求められる。

$$UPF = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}}{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda} T_{\lambda}} \quad (1)$$

ここで、 E_{λ} は単位波長ごとの相対的紅斑生成作用 (relative erythemal spectral effectiveness), S_{λ} は太陽光の分光放射照度 ($W/m^2 \cdot nm$), Δ_{λ} は単位波長 (nm), T_{λ} は 5 nm 毎に測定した溶液やフィルムの透過率 (%) である。UPF は肌を直接太陽光に照射した時、仮に 10 分で皮膚が赤く変化したとすると、UPF 2 のフィルムを覆った場合には、20 分で皮膚が赤く変化する事を意味

表 1 UV-visible absorption spectra of UV absorbers in DMF and on cellulose acetate film

| UV absorber | λ max / nm, $\epsilon / 10^4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ | λ max / nm (Absorbance) ¹⁾ |
|-------------|---|---|
| HBT | 338 (1.25), 296 (1.25) | 341 (0.65), 300 (0.59) |
| HBP | 337 (1.08), 285 (1.09) | 351 (0.97), 287 (0.56) |
| UV 1 | 355 (1.72), 281 (2.14) | 333 (0.97), 287 (1.08) |

1) [UV Abs.] = 1×10^{-3} mol/l, film thickness: $59 \pm 1 \mu\text{m}$

する。各紫外線吸収剤の DMF 中と酢酸セルロースフィルム中での吸収スペクトル結果を表 1 に示す。

その結果、ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤 (HBT) は 296 と 338 nm に極大吸収を持ち、縮合型紫外線吸収剤の母体骨格であるベンゾフェノン系紫外線吸収剤 (HBP) も 285 と 337 nm に吸収を持ち、分子吸光係数も殆ど同程度である。一方、UV1 は 281 と 355 nm に極大吸収を持ち、第 1 吸収帯が大きく長波長シフトしている。これは、極性溶媒 DMF の影響と考えられる。事実、チャージトランスファーコンプレックスの影響を受けない酢酸セルロースフィルム中では、UV1 の第 1 吸収帯は HBT や HBP より短波長 (333 nm) に存在している。また、UV1 の溶液中での分子吸光係数は HBT や HBP に比べ、第 1、第 2 吸収帯共に約 2 倍程度大きい値を示している。

次に、 E_λ と S_λ は各波長における常数であるため、UPF は (2) 式のように書き換えることが出来る。(2) 式から、UV-B 光の吸収は UV-A 光に比べ、UPF 向上に約 4 ~ 5 倍の影響力を有していることが分かる。

$$\text{UPF} = 5.734 / 4.705\text{TB} + 1.025\text{TA} \quad (2)$$

また、 $E \times S$ が大きな値を示すのは、300 nm, 315 nm と 320 nm の波長であり、この波長の吸収が UPF の値の向上に大きい影響を与える。そこで、酢酸セルロースフィルム中での吸収スペクトルを図 4 ~ 7 に示す。

図 4 に酢酸セルロースの吸収スペクトルを示したが、UPF の測定波長範囲 (290 ~ 400 nm) には吸収を持たない。図 5 ~ 図 7 は酢酸セル

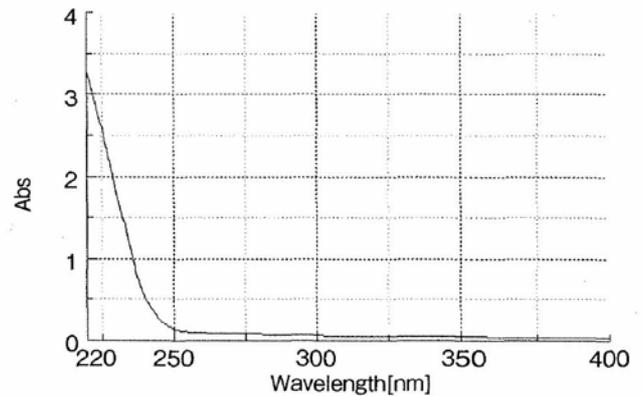


図 4 UV absorption spectrum of cellulose acetate film

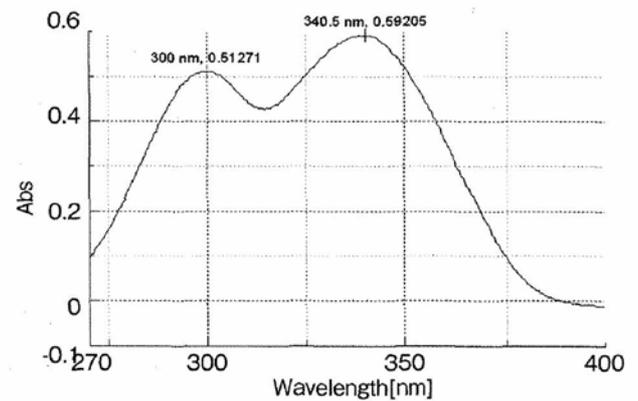


図 5 UV absorption spectrum of HBT

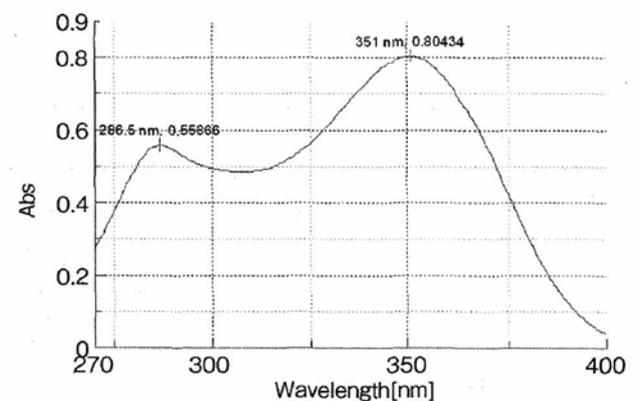


図 6 UV absorption spectrum of HBP

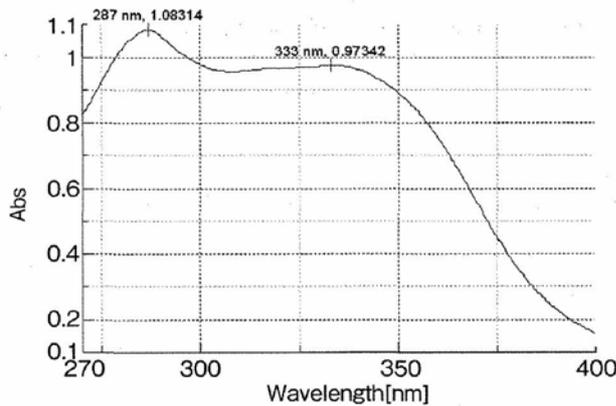


図7 UV absorption spectrum of UV 1

ロースフィルム中での紫外線吸収剤 HBT, HBP, UV1 の吸収スペクトルを示す。図より, HBT の第1吸収帯は 341 nm, HBP は 351 nm 付近に吸収を持っているのに対し, UV1 は 10 ~ 20 nm 短波長側の 333 nm に吸収を持ち, 紫外線防護係数の大きな値が期待される。UPF に大きな影響をもたらす 300 nm, 315 nm と 320 nm の波長の吸収は, HBT は 300 nm に極大吸収を持つが, 315 nm と 320 nm は吸収が谷に成っている。母体骨格 HBP は 300 ~ 320 nm が谷に成っているため, UPF の大きな値は期待できない。それに対して, UV1 では 300 ~ 320 nm 付近の谷は無くなり, 吸収強度の高い吸収に変わっている。このことは, HBP へのベンゾトリアゾール基の導入は, UPF の増大に大きく寄与することが示唆される。酢酸セルロースフィルム中での各吸収剤の透過率と UPF を表 2 に示す。分光透過率は分光光度計により UV-A (400 ~ 315 nm), UV-B (320 ~ 290

表 2 Transmittance and UPF data of UV absorber on cellulose acetate film¹⁾

| UV absorber | Transmittance / % | | | UPF |
|-------------|-------------------|------|------|------|
| | UV-T | UV-A | UV-B | |
| HBT | 47.7 | 50.3 | 29.0 | 3.35 |
| HBP | 36.0 | 37.3 | 31.4 | 3.16 |
| UV 1 | 23.7 | 27.4 | 10.3 | 8.48 |
| UV 1 / HBP | 0.66 | 0.73 | 0.33 | 2.68 |

1) Film thickness: 59 ± 1 μm

nm), さらに UV-T (400 ~ 290 nm) 領域の透過率曲線のスペクトル面積から, 紫外線遮蔽率を

算出した。表中の UV1/HBP は HBP の値を 1 とした時の UV1 の各項目の相対値であるが, UV1 は UV-A 領域においては 0.73 倍程度の透過率の減少であるが, UV-B 領域では 0.33 倍と大きく減少している。その結果, UPF は 8.48 で, HBP の 2.68 倍, HBT の 2.53 倍大きな値を示す。このことは, HBP の 5-位へのベンゾトリアゾール基の導入が, 紫外線防護機能性増大には大きな寄与することを示唆している。

2.2 染色布の耐光性改善

染色布が太陽の紫外線を吸収する機能は, 肌を有害紫外線から保護すると共に, 染料を分解して染色布を劣化させ, 紫外線遮蔽性能を失う。このことから, 染色布の光安定化は重要な問題である。

染料の光退色過程は, 染料の化学構造のみならず, 染料の染着状態, 基質の性質, 外的条件, 共存物の性質など多くの因子によって決定されている非常に複雑な系である。それは多くの光反応が競争的に起こるからであり, それぞれの反応が退色に寄与する程度により, 光退色過程は異なる。

染料の化学構造と日光堅ろう度の関係については, 以前から数多くの経験的事実が集積されており, 光退色は一般に酸化反応に起因して起こり, 繊維が染料より酸化され易い場合には還元反応が起こり, 一部の蛍光染料などでは異性化や二量化の寄与も見出されている⁴⁾。

染料の酸化反応による光退色には, 自動酸化, 一重項酸素酸化及びスーパーオキシドイオン酸化が見出されている。自動酸化はラジカル生成により退色が開始され, ラジカル連鎖で進行する。そのため, 紫外線照射などで退色が促進され, 自動酸化防止剤や紫外線吸収剤が退色を抑制する⁵⁾。

2.2.1 アゾ系染料の光退色と抑制

上記のコンセプトに基づき、オレンジ I (dye 1) の光退色に及ぼす紫外線カット材の効果を関連する安定化剤と共にセルロース上で検討した。その結果を表 3 に示す。

表 3 Effect of various additives on the photo-fading of dye 1 on cellulose

| Additive | Photofading (%) after | |
|-----------|-----------------------|------|
| | 10 h | 20 h |
| None | 63 | 83 |
| HP | 57 | 75 |
| HBT | 60 | 77 |
| HBP | 52 | 74 |
| HBT + HBP | 48 | 72 |
| UV 1 | 36 | 52 |

それによると、キセノンアーク灯を 10 時間照射した際の dye 1 の退色は 63%、20 時間で 83% であるのに対して、自動酸化防止剤 (HP) を染料に対して 5 倍量添加した系では、dye 1 の退色は 10 時間照射が 57%、20 時間照射が 75% の退色と、僅かな抑制効果が見られ、光退色に及ぼすラジカル酸化の寄与が示唆される。しかし、HP による抑制効果は小さい。ベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤 (HBT) 添加の系でも、10 時間の照射時に 60%、20 時間の照射時に 77% の退色が見られ、殆ど HP の添加の系と効果は変わらない。同様な抑制効果は、ベンゾフェノン系紫外線吸収剤 (HBP) の添加でも見られ、ベンゾフェノン系 (I) およびベンゾトリアゾール系 (II) 紫外線吸収剤の吸収機構はスキーム 1 に示したように、紫外線を吸収することにより、プロトン移動を起こし、無放射失活する事により元に戻り、再度紫外線を吸収する。HBP の場合には、*o*-位の水酸基が 2 個導入されており、紫外線吸収がより効率的に進んだ為に、HBT より優れた効果が発現したと思われる。また、ベンゾフェノン系とベンゾトリアゾール系紫外線吸収剤混合系 (HBT + HBP) の添加では、HBT 及び HBP 共に、染料の 5 倍量添加しているため、

紫外線吸収剤としては染料の 10 倍量添加したことになる。しかし、抑制効果は余り向上せず、10 時間で 48%、20 時間で 72% と僅かな抑制効果の向上が見られるのみであった。ところが、縮合型紫外線吸収剤 (UV 1) では添加量が 5 倍量であるにもかかわらず、dye 1 の退色は 10 時間で 36%、20 時間で 52% と、染料単独に比べて、約 1/2 に退色が抑制された。この事は、添加量を多くする事により、更なる抑制効果の向上が期待される。

2.2.2 インジゴ系染料の光退色と抑制

セルロース上でのキセノンアーク灯照射によるインジゴカルミン (dye 2) の光退色に及ぼす添加物の効果について表 4 に示した。表 4 より、

表 4 Effect of various UV absorbers on the photo-stability of dye 2 on cellulose

| UV absorbers | Photofading (%) after | |
|--------------|-----------------------|------|
| | 20 h | 40 h |
| None | 39 | 69 |
| HBT | 34 | 58 |
| HBP | 29 | 41 |
| HBT + HBP | 31 | 45 |
| UV 1 | 14 | 44 |

キセノンアーク灯を 20 時間照射した際の dye 2 の退色は 39%、40 時間で 69% である。しかし、HBT を染料に対して 5 倍量添加した系では、退色は 20 時間照射が 34%、40 時間照射が 58% の退色と、僅かな抑制効果が見られるが、光退色に及ぼす紫外線吸収剤の寄与の程度は小さい。同様な抑制効果は、HBP 添加の系でも見られるが、アゾ系染料の場合と同様に、HBP は *o*-位に水酸基が 2 個導入されているために、紫外線吸収がより効率的に進み、HBT より優れた効果が発現したと思われる。また、(HBT + HBP) 混合系において、紫外線吸収剤としては染料の 10 倍量添加しているにもかかわらず、抑制効果は向上していない。ところが、UV 1 添加の系では添加量が 5 倍量であるにもかかわらず、20 時

間照射において抑制効果は向上した。

2.2.3 トリフェニルメタン系染料の光安定化と一重項酸素脱活性化剤併用効果

一重項酸素酸化は染料の励起三重項エネルギーを、基底状態の酸素分子に移行することにより生成した一重項状態の酸素活性種が酸化剤となる。この退色の特徴は、可視光照射によっても退色が進むことであり、自動酸化防止剤を用いても退色は抑制されず、一重項酸素脱活性化剤が有効である⁶⁾。ところが、現在知られている脱活性化剤を染料の退色抑制剤として用いるには、やや問題がある。例えば、 β -カロチンは光に弱く⁷⁾、ニッケル錯体は有色性であり⁷⁾、第三級アミン類は強塩基性で、ラジカル酸化を誘発する⁸⁾などの問題を抱えている。ところが、先に合成したニッケル *p*-トルエンスルホン酸塩 (NTS) は無色性 (λ_{\max} 233 nm) で、有効な一重項酸素脱活性化剤効果を有する⁹⁾。その為、ここでは紫外線カット材と NTS を混合し、その併用効果についても検討を加えた。

セルロース上でのキセノンアーク灯照射によるクリスタルバイオレット (dye 3) の光退色に及ぼす添加物の効果を表 5 に示す。表 5 より、キセノンアーク灯を 5 時間照射した際の dye 3 の退色は 49%、10 時間で照射 75% である。一方、HBT 添加の系では、退色が 5 時間照射で

表 5 Effect of various additives on the photo-fading of dye 3 on cellulose

| Additives | Photofading (%) after | |
|-----------------|-----------------------|------|
| | 5 h | 10 h |
| None | 49 | 75 |
| HBT | 46 | 72 |
| HBP | 63 | 79 |
| HBT + HBP | 49 | 61 |
| UV 1 | 48 | 65 |
| NTS | 47 | 56 |
| HBT + NTS | 45 | 47 |
| HBP + NTS | 43 | 54 |
| HBT + HBP + NTS | 34 | 53 |
| UV 1 + NTS | 0 | 19 |

46%、10 時間照射で 72% の退色が見られ、僅かな抑制効果を示す。しかし、同じ紫外線吸収剤でも HBP の添加の系では、僅かな退色の加速が見られている。この事実は、トリフェニルメタン系染料が光に対して非常に不安定な染料であることに起因するのかもしれない。また、HBT と HBP 混合系においても、抑制効果の程度は小さい。同様な僅かな抑制は新規紫外線吸収剤 UV1 添加の系でも見られる。

一方、一重項酸素脱活性化剤 NTS 添加の系でも、紫外線吸収剤と同程度の僅かな抑制が見られ、(HBT+NTS) や (HBP+NTS) の混合系においても、退色の抑制効果は余り向上していない。更に、3 種類の安定化剤を併用した (HBT+HBP+NTS) 添加の系でも、抑制効果は小さい。それに対して、(UV 1+NTS) 添加の系では、5 時間の照射では、dye 3 の退色は見られず、10 時間の照射でも、僅かに 19% の退色が見られる程度であった。この事は、新規紫外線吸収剤は NTS と併用することにより、非常に優れた染色布の耐光性改善効果を発現すると思われる。

3. まとめ

野外スポーツにおける紫外線カットウェアの開発を目的として、ベンゾフェノン-ベンゾトリアゾール縮合型紫外線吸収剤の合成を行い、紫外線遮蔽性能と染色布の光劣化防止効果について検討した。その結果、新規紫外線カット材は従来の市販品に比べ、皮膚の紅斑やサンバーンを引き起こす UV-B 波を効率よく吸収し、紫外線防護係数 (UPF) は従来品に比べ、約 3 倍程度高い値を示した。

また、紫外線を吸収することにより染色布は変退色し、紫外線吸収機能を逸する事はよく知られている。その為、染色布の光安定化効果についても検討した結果、新規紫外線カット材は各種染料系の光退色を顕著に抑制した。この事は、

新規化合物が高い紫外線カット機能性を有すると共に、染色布の光安定化にも寄与することから、本研究で開発した縮合型紫外線カット材を、野外スポーツウェアの紫外線カット処理剤の1つとして提案する。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、研究助成を賜った財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Oda H., Improving the light fastness of dyed nylon fabrics using nickel arylsulphonates, *Coloration Technology*, **121**, 216 (2005)
- 2) Australian/New Zealand Standard AS/NZS 4399, 1996, Protective clothing-valuation and classification
- 3) Shuhaibar K.F., The synthesis and characterization of UV-absorbing azo-pigments and their polymerizable acryloyloxy and methacryloyloxy derivatives, *Dyes and Pigments*, **18**, 125-136 (1992)
- 4) Allen A., Mckellar J., *Photochemistry of Dyed and Pigmented Polymers*, Applied Science Publishers, London (1980)
- 5) Kresta J.E., *Polymer Additives*, Plenum Press, NY (1984)
- 6) Griffiths J., *Developments in the Chemistry and Technology of Organic Dyes*, Society of Chemical Industry, London (1984)
- 7) Wasserman H.H., Murry R.W., *Singlet Oxygen*, Academic Press, London (1979)
- 8) Griffiths J., Hawkins C., Synthesis and Photochemical Stability of 1-Phenylazo-2-naphthol Dyes Containing Insulated Singlet Oxygen Quenching Groups, *J. Appl. Chem. Biotechnol.*, **27**, 558-564 (1977)
- 9) Oda H., Kitao T., The role of Intramolecular Quenching in the Catalytic Fading of Dye Mixtures, *J. Soc. Dyers and Colour.*, **102**, 305-307 (1986)