

機関番号：33303

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20510055

研究課題名（和文） 眼鏡、サングラスを介して背後から眼内に侵入する紫外線の経路とその防御法

研究課題名（英文） Route and defense of ultraviolet rays that invades interior of the eye back through glasses or sunglasses.

研究代表者

小島 正美 (KOJIMA MASAMI)

金沢医科大学・看護学部・准教授

研究者番号：40183339

研究成果の概要（和文）：

後方から眼鏡、サングラスレンズ裏面で反射して眼内に侵入する紫外線は多くないが、後方から侵入する紫外線を眼鏡やサングラスのフレームで防御することは不可能であった。レンズ裏面に紫外線反射防止コートを行うことにより、これらのレンズ裏面から反射する紫外線の80%を低減できることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

Although it is not a lot of ultraviolet rays penetrate into the eye via the lens-back reflection of sunglasses, it may possible to induce ocular injury by invades ultraviolet rays from back side.

This kind of lens-back reflected UV cannot protect by sunglasses frame.

Non-UV-reflection coating effectively reduced 80% of ocular UV penetration from back side.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・放射線・科学物質影響科学

キーワード：防護、紫外線、レンズ裏面反射、眼障害

## 1. 研究開始当初の背景

太陽紫外線による眼疾患としては、急性で一過性の角・結膜障害と慢性曝露による翼状片、白内障、眼瞼の皮膚癌が知られている (WHO, 1995)。太陽紫外線から眼を守る最も簡便な方法は、眼鏡またはサングラスによ

り正面から入射する紫外線をカットすることである。

紫外線被曝が白内障発症因子の一つであることは、疫学的検討よりほぼ立証されている。一方、白内障発症率と眼鏡やサングラスによる紫外線被曝の軽減効果について、相関ありとする報告 (Rosenthal et al., 1986) と相

関なしとする報告(Cruickshanks et al., 1992)がある。

報告者は背面から照射される紫外線が眼鏡やサングラスのレンズ裏面で反射し、二次的に眼に入ることを実験的に示している(Kojima, et al., 2000)。

これらの結果から、眼鏡またはサングラスのレンズ裏面での反射による二次的な紫外線被曝が疫学的検討結果の矛盾の一要因であることが予測され、本研究の発想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は眼鏡やサングラスのレンズ裏面で反射し、眼内に侵入する紫外線の白内障発症に関する位置づけとその防御法について研究を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) レンズ裏面反射による眼傷害発症の検討

家兔の片眼の12mmの位置(角膜頂点からサングラスレンズ裏面までの距離)にサングラスレンズ(市販品)を設置し、紫外線B波を3 J/cm<sup>2</sup>(秋季晴天時の5時間照射量に相当)を家兔の眼表面に1時間曝露した(図1)。



図1：3 J/cm<sup>2</sup> UV-B曝露  
(矢印は紫外線の曝露方向を示す)

紫外線曝露時反対眼は遮蔽して、非曝露の対照とした。紫外線曝露装置は20W紫外線ランプを10本搭載した皮膚科用の広範囲紫外線照射装置を用いた。曝露後の角膜障害は0.05%フルオレスセイン10μlを点眼し、フラッシュランプを搭載した細隙灯顕微鏡カメラ装置のフラッシュ側に蛍光励起フィルター、撮影側に励起光カットフィルターを装着して、蛍光のみを抽出し、角膜上皮障害を検出した。

### (2) 紫外線の入射方向によるレンズ裏面反射強度の相違の検討

人頭模型の眼部に紫外線センサーを埋め込んだ装置を使用し、標準のレンズコーティングまたはコーティングなしの眼鏡を装着させた。500 W クセノンランプを光源とし、人頭模型の後面より紫外線を照射し、最も強い紫外線強度を示す角度を検討した。検討眼鏡フレームの種類は通常的眼鏡タイプ、セルフレームタイプ、サングラスフレームタイプとしてラップアラウンドを使用した(図2)。



図2：人頭模型と眼鏡フレームタイプ

### (3) 紫外線反射防止コーティングレンズ試作およびその効果の検討

レンズ反射膜は以下のものを作成した(特許申請：特願2008-087018、レンズ基剤1の内表面(図3 1a)にλ=250-410nmを中心波長とした反射防止膜2を正膜してなるもの、反射防止膜は二酸化ケイ素、フッ化マグネシウムから成る低屈折率層(図3：2a)とアルミナ、チタン酸化物、タンタル酸化物、イットリウム酸化物等による高屈折率層(図3：2b)、低屈折率層(図3：2a)の三層構造とする)。

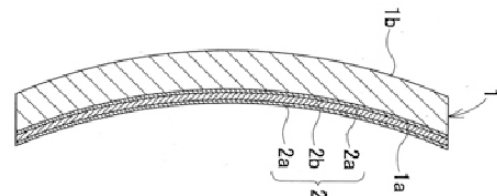


図3：紫外線反射防止コーティング

### ① 紫外線反射防止コートの効果判定(分光高度計による検討)

分光高度計に積分球を設定し、6種類のレンズサンプル(レンズ曲率2種類：曲率半径65mm、87mm、紫外線反射防止コート、標準コート(市販レンズ標準コート)、反射防止コート処理なし)を対象に290nm~400nmの波長の反射率を測定した(図4)。

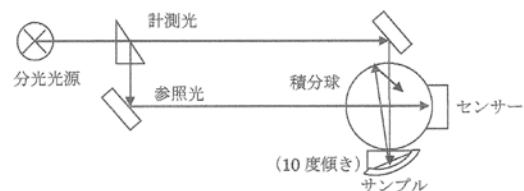


図4：分光高度計による紫外線反射測定

②紫外線反射防止コートの効果判定（太陽高度を考慮した紫外線反射量の計測）

サングラス装着時に受ける太陽光の内面反射光を想定し、太陽高度の季節変動を考慮して、冬至（31.6度）、夏至（78.4度）の各角度でのレンズ裏面反射を確認した。擬似太陽光源としてクセノンランプを使用、平行光をレンズ裏面に直接照射した（図5）。センサーは反射式の放射輝度計を使用した。受光面は約45mm径の円形で、レンズおよび光源の光束もほぼ同じ大きさに設定する。光源の強度を照度10万ルクスに調整し、サンプル全体に光束をそれぞれの角度にて照射し、レンズに正対した位置に配したセンサーで反射（散乱）した紫外線を検出する。（図5）

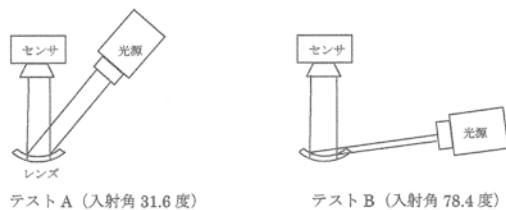


図5：疑似太陽による紫外線反射量の計測

なお、検出した放射照度は各200-400nmで波長1nmごとに分光されて記録し、200-315nmにおいては、下記に定義される実効放射照度として算出し、320-400nmにおいては近紫外（UVA）照射照度として算出した。

(A) 実効放射照度 (E<sub>eff</sub>) 200-315nm

$$E_{eff} = \sum E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta\lambda$$

E<sub>eff</sub> : 270nmの単色放射源に対する実効放射照度

E<sub>λ</sub> : スペクトル放射照度 (W/cm<sup>2</sup>)

S<sub>λ</sub> : 相対スペクトル実効値 (参考表(1)参照 (単位なし))

Δλ : バンド幅 (nm)

(B) 近紫外 UVA 照射照度 (EUVA)

$$EUVA = \sum E_{\lambda} \Delta\lambda$$

E<sub>λ</sub> : スペクトル放射照度 (W/cm<sup>2</sup>)

Δλ : バンド幅 (nm)

4. 研究成果

(1) レンズ裏面反射による眼傷害発症の検討

市販サングラスのレンズ裏面で反射させた紫外線B波を 3J/cm<sup>2</sup> (秋季晴天時の5時間

照射量に相当)をウサギの眼球に1時間で曝露した結果、角膜上皮傷害(いわゆる、雪眼)を発症した(図6)。ヒトと家兎の相違(顔面の形状等)、5時間量の紫外線を1時間で曝露したことにより、太陽紫外線強度の5倍になっていること、ヒトの日常生活では同じ方向を見続けることはない等、実際の紫外線被曝状況とは異なるものの、最悪の状況では、レンズからの反射光にみても眼傷害が誘発されることが明らかとなり、レンズ裏面反射抑制の重要性が確認された。

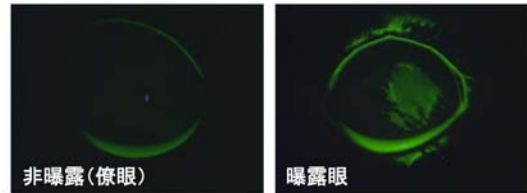


図6：紫外線ばく露直後角膜上皮所見  
ばく露眼では眼部中央に蛍光染色部位(角膜上皮障害部位)を認めるが、非ばく露眼の眼部中央には蛍光染色を認めない

(2) 紫外線の入射方向によるレンズ裏面反射強度の相違の検討

後方からの紫外線の入射角度と眼鏡、サングラスフレームタイプによる紫外線の眼部被曝量を測定した。眼鏡やサングラスレンズの種類や曲率による多少の差はあるが、レンズ裏面からの反射は最大で24%程度であった。眼鏡、サングラスフレームの種類による紫外線の防御効果は、ラップアラウンドタイプ(レンズ面が顔の側面まで覆うもの)が眼鏡タイプのサングラスよりも紫外線防御効果が優れていたが、後方75度からの紫外線に対しては、何れのタイプのサングラスでもレンズ裏面の紫外線反射により、多少紫外線被曝量が高くなった。レンズ裏面反射抑制の重要性が再確認された。

(3) 紫外線反射防止コーティングレンズ試作およびその効果の検討

①紫外線反射防止コートの効果判定(分光高度計による検討)

本実験条件下ではレンズの曲率半径(65mm、87mm)による紫外線反射率の大差はなかった。

紫外線反射防止コートは処理無しに比べて、紫外線の反射全量の80%以上の低減を確認した(4%→1%未満)。一方、標準コートは未処理のレンズに比べて約10倍の紫外線反射があることが確認された(図7)。

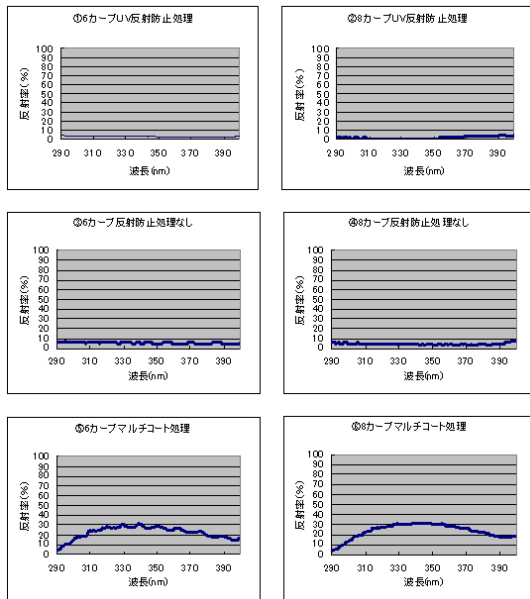


図 7：レンズ裏面処理による紫外線反射率の相違

②紫外線反射防止コート（太陽高度を考慮した紫外線反射量の計測）

入射角 31.5 度、センサー位置 54mm（図 8）または入射角 31.5 度、センサー位置 154mm（図 9）での紫外線反射結果を示した。本条件ではレンズの曲率およびレンズ裏面のコートによる明らかな差異は認めなかった（図 7、8）。

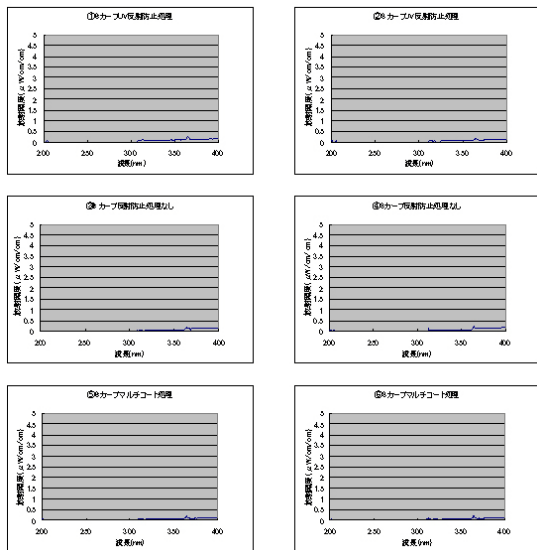


図 8：入射角 31.5 度、センサー位置 54mm での紫外線反射

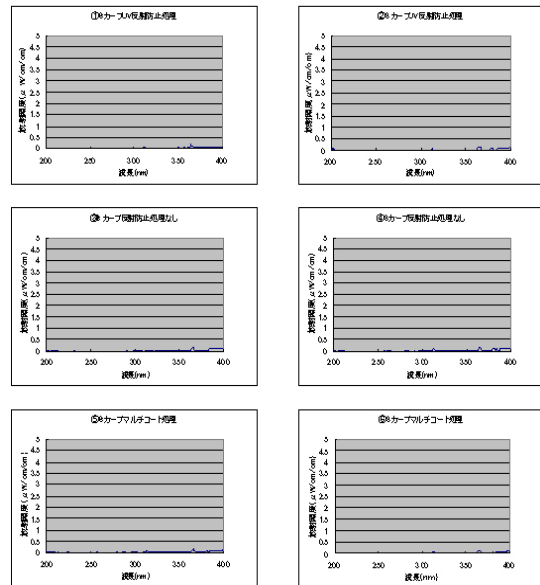


図 9：入射角 31.5 度、センサー位置 154mm での紫外線反射

図 10 に入射角 78.4 度 センサー位置 110mm での紫外線反射測定データを示した。

本条件でもレンズの曲率およびレンズ裏面のコートの種類による明らかな差異は認めなかったが、標準コートでレンズの曲率が 87mm のサンプルのみ明らかに大きい反射を示した。

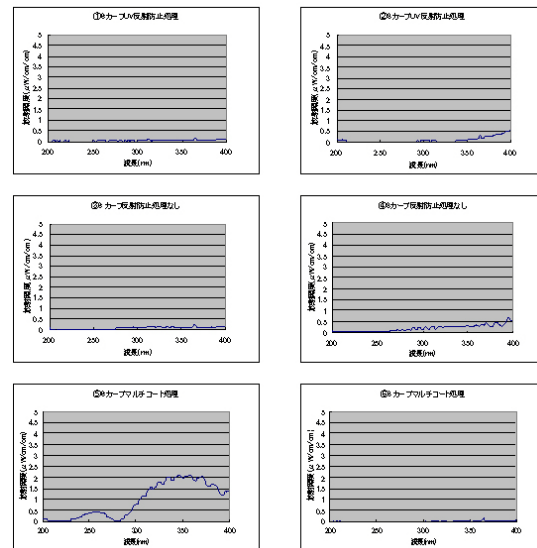


図 10：入射角 78.4 度、センサー位置 110mm での紫外線反射

今回開発した UV 反射防止処理サンプルでは最大 0.5%以下の紫外線低反射機能を、また、市販の標準コートレンズでは最大で 30%以上の紫外線反射を確認することができた。被検レンズへの光束の入射角度については屋外

にて太陽を背にした場合の南中高度を想定している。今回の比較試験では、また、サングラスの形状、表面状態の違いによる反射量の変化を確認した。

特に測定条件としては、装着したサングラスレンズと眼の位置を考慮し、被検レンズと受光センサーの位置は垂直（正対）とし、光束の入射角のみを変化させ計測した。そのため、基本的にはレンズ表面から眼に到達すると思われる散乱光の一部を確認したかたちになった。なお、屋外における人の行動を想定することはきわめて困難であり、曝露時間や曝露を受ける角度などは基本的に考慮せず、照射テストの入射角条件としては、太陽高度の最大角（夏至）と最小角（冬至）に限定し、これらの角度を比較条件にした。センサーにて検出された光量についてはテスト結果のとおりである。

今回はこの光量が人体に影響するかどうかを検証することにあるが、人体の安全指標として ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) の被曝許容値 (TLV: Threshold Limited value) を参考にした。この ACGIH にて明記されている紫外線の実効放射照度 (波長 200-315nm) の被曝許容値を目安としてみると、今回の実測では、実効放射照度の最大値では約 5 分間、最小値で最長 4 時間の数値 (被曝許容値) が算定された。また、320-400nm の近紫外スペクトル域の計測では、いずれの計測値も被曝時間 1000 秒 (約 16 分) より大きい場合の許容値 ( $1 \text{ mW/cm}^2$ ) を下回った。

結果として、本試験において確認できたこととして、レンズの内面反射については波長 200-315nm の領域において、条件によっては 5 分間以上の連続照射において健康上問題が生じる可能性があるということが確認された。各レンズのデータとして、UV 反射防止処理で最大で約  $1.73 \mu \text{ W/cm}^2$ 、反射防止処理なしで最大で  $4.49 \mu \text{ W/cm}^2$ 、標準コートで最大  $11.4 \mu \text{ W/cm}^2$  と、3 種類のレンズの表面処理の比較では、紫外線の反射量の優劣が確認された。ただ、レンズカーブに関しては明らかな反射量の優劣は見られず、本試験では反射量は 2 種類のレンズカーブでは依存性が判断できなかった。また、太陽高度の違いとしてもデータからは優劣を確認することができなかった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

①小島正美、石場義久、岩井義幸、佐々木一

之、佐々木洋、水晶体への紫外線進入経路としての眼鏡等レンズ裏面反射光、水晶体研究会、2009 年 1 月 10—11 日、宇都宮

②M. Kojima, Y. Ishiba, Y. Iwai, H. Sasaki, K. Sasaki, Study of Reflected Light from the Back Side Lenses (Glasses or Sunglasses), as a Penetration Route into the Eye, US-JAPAN Cooperative Cataract Research Group Meeting, 2009, Dec. 6-10, Kailua-Kona, USA

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

小島 正美 (KOJIMA MASAMI)

金沢医科大学 看護学部・准教授

研究者番号: 40183339