

A-4 紫外線の増加がヒトの健康に及ぼす影響に関する研究

(4) 紫外線の増加がヒトの白内障発症に及ぼす影響に関する研究

① 紫外線による白内障発症に関する疫学的研究

研究代表者 国立環境研究所環境健康部環境疫学研究室 小野雅司

環境庁国立環境研究所

環境健康部 環境疫学研究室 小野雅司・本田 靖

(委託先) 金沢医科大学 佐々木一之

平成5-7年度合計予算額 25,207千円

(平成7年度予算額 9,408千円)

〔要旨〕紫外線暴露と白内障発現の関連を検討するため、国内の自然環境の大きく異なる地域で、一般住民眼科検診と、生活環境中での紫外線暴露量調査を実施した。

1) 我が国の紫外線照射量の状況からみて、地域住民の紫外線暴露は、春季から秋季にかけて60~80%、正午をはさむ数時間で80~90%を占めることが推測された。

2) 国内4地区において、ゴルフ場のキャディーを対象に1年間の紫外線暴露量調査を行った。暴露量レベルは那覇、つくば、札幌、能登の順であり、1年間の累積暴露量は、那覇と比較して、つくば65%、能登43%であった。札幌もおおむね能登と同定度と考えられた。

3) 時刻別紫外線強度と戸外活動時間から一定の精度で暴露量の推定が可能と考えられた。

4) 眼部の紫外線被曝量をより実態に近い状態で検出することを目的に、ヒト頭部模型を用いた測定装置を作成した。角膜前面の紫外線被曝強度は眼鏡非装用で前額部(地表面と同程度)の70数%から80数%であった。眼鏡装用での被曝強度は非装用時に比べ低かった。

5) 白内障に係る住民疫学調査を、札幌近郊、石川県能登地域、沖縄県東部の3地区で実施した。程度Iまでを含めた水晶体混濁は、北海道47%、能登64%、沖縄38%であり、翼状片はそれぞれ10%、1%、30%であった。水晶体混濁の中では、皮質混濁が圧倒的に多かった。

6) 太陽光の眼内への入射角度との関連を検討するため、皮質の混濁部位について解析した。混濁の局在に関しては、能登対象群で下方2象限に有意に多く、沖縄対象群では鼻側2象限が耳側2象限に比べ有意に高率であった。北海道群では混濁の局在は認められなかった。

7) 皮質白内障と眼鏡装用の間に有意な関連は認められなかった。一方、戸外生活時間については、男性で40~50歳代と現在の1日の戸外生活時間が5時間以上の者では、4時間以下の者と比べて相対危険度が有意に高かった。

〔キーワード〕紫外線、暴露量、白内障、疫学調査

1. はじめに

紫外線暴露と健康障害の発現との関連を疫学的に明らかにするために第一に必要なことは、対象集団における皮膚がんや白内障といった健康障害の実態を正確に把握することとともに対象集団の生活環境中での紫外線暴露量の正確な評価である。

地表へ到達する紫外線量に関しては、気象庁（札幌、つくば、鹿児島、那覇）と環境庁（東京）が数年前より観測を行っており、紫外線照射量の全国マップも気象庁により作成されている。一方、生活環境下で暴露する紫外線量については、基本的には、地表面における紫外線照射量と戸外生活時間から推定できると考えられているが、実測データに基づく十分な検証がなされているとは言えない。

一方、白内障はこれまでも眼疾患の中で重要な位置にあったが、近年、先進諸国では人口の高齢化により、又途上国では最大の失明原因であった感染症の減少により、これまで以上に眼科医療全体の中でクローズアップされてきた。複数の合因子が相乗、相加的に作用し発現するという考えが一般的に容認されている中で、紫外線、特にB領域紫外線（UV-B）の暴露がここ最近改めて白内障研究領域の中で話題となっている。

2. 目的

本研究では、今後の紫外線と白内障に関する疫学研究を進展させるために必要な基礎情報を収集するとともに、白内障発現と紫外線暴露との関係について、住民の紫外線暴露量調査及び画像解析システムを導入した住民疫学調査結果に基づいて、両者の関連性を検討するものである。そのため、1) 紫外線暴露に関しては、簡易測定装置による戸外活動時における紫外線暴露量調査と標的臓器である眼部への紫外線暴露量評価のためのフィールド実験を、そして、2) 白内障の疫学調査に関しては、自然環境（紫外線照射量）の大きく異なる地域での一般住民眼科検診と紫外線暴露に係る症例・対照研究を行うものである。

3. 研究内容

3. 1 我が国における紫外線照射量の状況

紫外線照射量は場所（緯度）と季節、時刻により大きく変動する。北海道から沖縄にかけて、おおむね緯度が低くなるに従って紫外線照射量は増加する。年平均でみると、UV-B量としては、札幌と那覇で2倍程度の違いが見られる。季節変化についてみると、各地区とも、夏に高く冬に低くなる明瞭な季節変動が見られる。時刻別の紫外線照射強度については、どの地区も正午近くに最高となるが、札幌のピーク時刻は那覇のそれよりも約1時間早く、これは那覇と札幌の地理的条件（札幌の方が約15度東に位置する）によるものと考えられる。

表1に、上記の特性を考慮して、季節別、時刻別の紫外線照射量を整理した。年間をとおしてみると、4月から9月までの6か月間で、札幌では年間紫外線照射量の81.5%、最も少ない鹿児島でも66.1%を占めていた。また、時刻別の特徴としては、夏季には各地区とも正午の前後2時間（10時～14時）で1日の紫外線照射量の70～80%を占めており、9時から15

時まで広げるとほとんどの地区が90%以上あるいはそれに近い値を示している。一方、冬季には、10時～14時の間に全地区とも85～90%の照射量が観察されている。これらの結果から、地域住民の紫外線暴露量も、春季から秋季にかけて、そして、正午をはさむ数時間の寄与が極めて大きいことが推測される。

表1 季節別、時刻別紫外線照射量（気象庁・オゾン層観測年報より）

		年間 ¹⁾	4～9月（%）	3～10月（%）
	札幌	11.6（100%）	81.5	92.6
	つくば	13.8（100%）	72.3	84.1
	鹿児島	16.1（100%）	66.1	81.1
	那覇	22.1（100%）	68.7	81.6
		全日 ²⁾	10～14時（%）	9～15時（%）
夏	札幌	35.7（100%）	68.9	87.2
	つくば	41.4（100%）	72.4	89.0
	鹿児島	41.6（100%）	79.0	95.1
	那覇	46.1（100%）	70.6	87.3
冬	札幌	3.09（100%）	90.0	98.7
	つくば	7.60（100%）	87.0	97.9
	鹿児島	12.24（100%）	84.2	96.6
	那覇	16.14（100%）	84.9	96.8

1) 日紫外線照射量の年平均値、単位：KJ/m²

2) 日紫外線照射量、単位：KJ/m²

3. 2 環境条件の異なる国内4地域における紫外線暴露量調査

1) 方法

日本国内で地理的環境条件の大きく異なる、札幌近郊、つくば、能登、那覇近郊の4地区において、代表的な戸外労働者の一つであるゴルフ場のキャディーを対象に、簡易測定装置を用いて1年間の紫外線暴露量調査を実施した。測定には260～400nmに分光感度特性を持つ東レ社製のUVセンサーを用い、被験者の胸元に取り付け、毎日の暴露量測定と戸外での活動時間を記録した。対象者は各地区20名とし、測定はおおむね午前8時頃からの1ラウンド（約5時間）とした。

一般に紫外線は草地や土面における反射は弱く、コンクリートや水面、雪面における反射が強い。そこで、ゴルフ場のキャディーと比較するため、札幌近郊のスキー場で15名のインストラクターを対象に、簡易測定装置を用いて同様の紫外線暴露量調査を実施した。

2) 結果

1年間にわたるゴルフ場での紫外線暴露量調査結果より、①冬季に低く夏季に高くなる季節変動、②測定日の天候状態によると考えられる大きな日間変動、さらに、③被験者間の暴露量のバラツキが観察された。特に被験者間のバラツキは、日間変動、季節変動以上に大き

く、一人一人の行動に強く影響されていると考えられた。また被験者間のバラツキは、紫外線照射量の強い春季から秋季にかけて特に大きかった。

図1に、紫外線暴露量（地区平均）の年間変動を1週間の移動平均で示した。測定日の気象条件により大きく変動するが、暴露量レベルは那覇、つくば、札幌、能登の順であり、おおむね南高北低の傾向であった。

スキー場での測定結果については、1月から3月にかけてはつくば地区のゴルフ場と同程度であり、春先（4月）には沖縄と同程度に高い暴露量を示す日もかなり多く観察された。

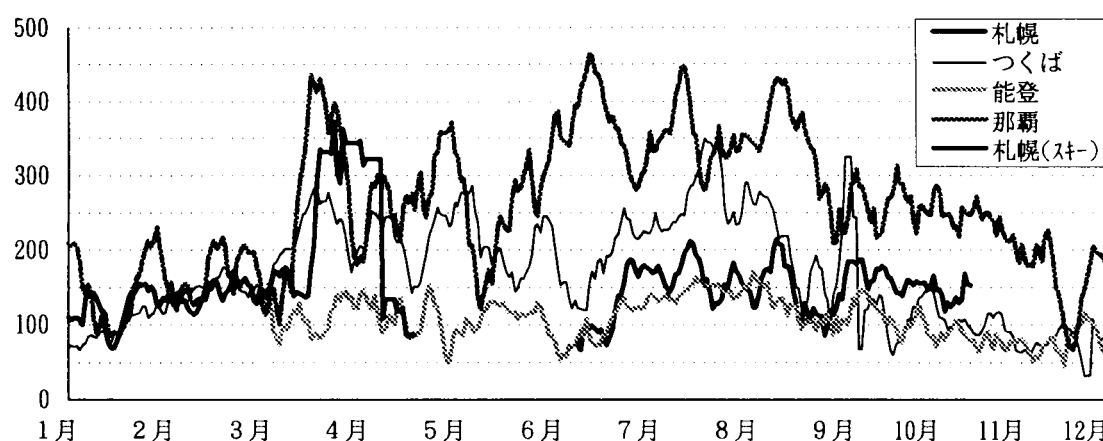


図1 地区別紫外線暴露量の年間変動（1週間移動平均、 KJ/m^2 ）

図2には1年間の紫外線累積暴露量を示した。那覇地区が最も大きく、つくば、能登地区の暴露量は那覇地区と比較して、それぞれ65%、43%であった。札幌では冬季の測定ができず年間の累積暴露量は求められなかったが、おおむね能登地区と同程度と考えられた。

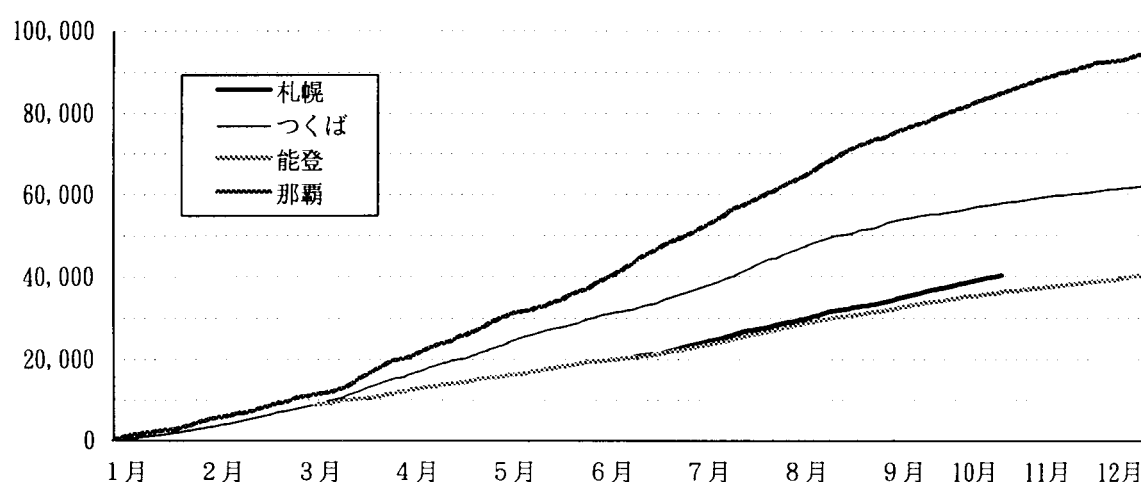


図2 地区別・累積紫外線暴露量（地区平均、 KJ/m^2 ）

3) 考察

紫外線暴露量測定の対象者は、戸外での作業内容、作業時間が比較的均一と考えられるゴルフ場のキャディーとスキー場のインストラクターとした。被験者間の暴露量に大きなバラツキはあるものの、紫外線照射量との関連性や測定日の天候状態による変動が観察された。

紫外線の暴露量は、基本的には地表面における照射量に対応すると考えられるが、測定対象者間で大きなバラツキがみられることからわかるように、被験者の行動により大きく左右されることが推察された。このことはすなわち、同一地域に居住する人々についてみても、職業やライフスタイルにより紫外線暴露量は大きく異なることを意味する。

なお、スキー場での測定結果についてみると、正午をはさむ10時～12時、13時～15時と一日のうちで紫外線照射量の最も強い時刻に測定していることもあるが、1月～3月にかけてはつくばと同程度であり、春先（4月）に限ってみると沖縄と同程度の高い暴露量が観察され、雪面からの反射の影響も考えられる結果であった。

今後は、作業形態の異なる集団への応用も考慮しつつ、次節に述べる、簡易測定装置による暴露量と紫外線照射量との関係解明、対象者の生活行動パターン（戸外活動時間）と紫外線照射量とからの暴露量の推定・評価手法の確立が今後の最大の課題である。

3. 3 生活環境中における紫外線暴露量の推定

地域住民の紫外線暴露量は居住地域の紫外線照射強度と戸外での活動時間により決定されると考えられる。そこで、紫外線照射量データと紫外線暴露量データの両者が得られた札幌、つくば、那覇の3地区に関して、紫外線暴露量の推定を試みた。

1) 方法

紫外線暴露量の推定値は、下式に示すように、各地区の時刻別紫外線強度を戸外での活動時間について積和することにより求めた。なお、時刻別紫外線強度は気象庁のデータを用い、戸外活動時間は、調査票に記入されたゴルフコースへの出場時刻より退場時刻までとした。

$$UVest = \sum_{t=0}^{23} (UV_t \times Tout_t)$$

$UVest$: 紫外線暴露量推定値

UV_t : 時刻 t における紫外線強度（気象庁： $UV-B$ ）

$Tout_t$: 時刻 t における戸外活動時間

2) 結果

図3に、上式により求めた紫外線暴露量推定値（ $UV-B$ ）と簡易測定装置による紫外線暴露量観測値（ $total-UV$ ）の相関を示した。

つくばについてみると、図に示したように、冬季0.317、夏季0.518と、いずれも有意な相関が見られた。那覇については、冬季は0.570と大きな相関が見られたが、夏季は0.024と有意な相関は見られなかった。札幌については、夏季のみであるが、0.408と比較的大きな相関が認められた。スキー場については、午前、午後とも推定値と観察値の相関は小さかった。

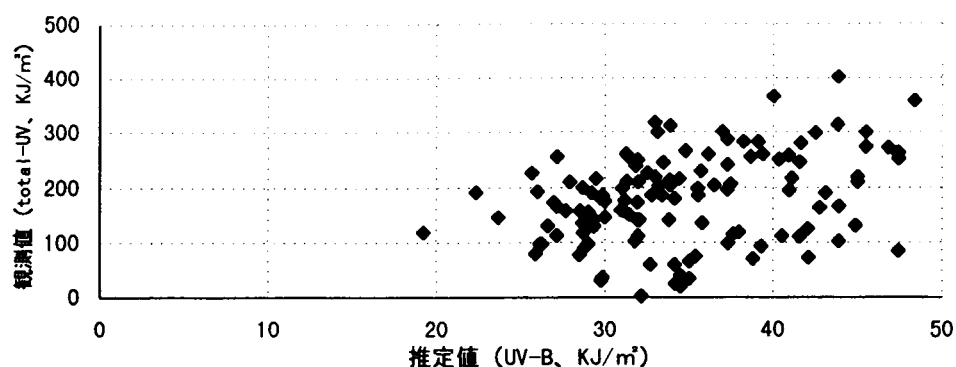


図3-1 紫外線暴露量推定値と観測値の相関
(つくば・2月、 $r=0.317$)

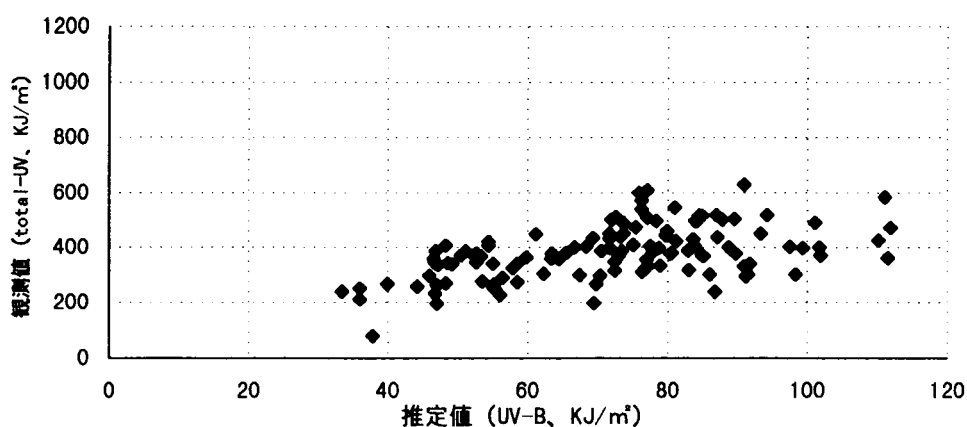


図3-2 紫外線暴露量推定値と観測値の相関
(つくば・8月、 $r=0.518$)

3) 考察

紫外線暴露量測定の対象者には、戸外での作業内容、作業時間が比較的均一と考えられるゴルフ場のキャディーとスキー場のインストラクターを選んだ。簡易測定装置による紫外線暴露量の観測値と当該地域の紫外線照射量に基づく推定値の相関は比較的良好で、各被験者間の暴露量に大きなバラツキはあるものの、紫外線照射量と戸外活動時間より一定の精度で暴露量の推定が可能と考えられた。

ところで、ゴルフ場での調査結果についてみると、推定値に対する観測値の比は那覇>つくば>札幌の順であった。測定時刻すなわち太陽高度の影響も考えられるが、今後の検討課題である。なお、地表面よりの反射に関しては、推定値に対する観測値の比がスキー場で特に大きいことから、その影響が推察される。

今後、対象者の生活行動パターンの類型化と、測定場所、測定時刻（太陽高度）、地表面よりの反射、等を考慮した推定モデルの作成により、紫外線暴露量の推定精度をあげることが重要な課題である。

3. 4 紫外線暴露にかかわる実験的研究

紫外線と白内障に関するこれまでの研究では、紫外線暴露量として気象情報から得られる地表面への照射量が用いられてきたが、これをもって眼部への紫外線暴露量とするのは不十分なことが指摘されている。このような背景から、本研究では、眼部近辺の紫外線被曝量を測定することを目的にマネキンモデルを用いた紫外線計測装置を試作し、実験を行った。

1) マネキンモデルによる紫外線計測装置と実験方法

眼部の紫外線被曝量をより実態に近い状態で検出することを目的に、ヒト頭部模型を用いて眼瞼部周辺、及び角膜前面での紫外線強度を測定する装置を作成し、この装置で実際の計測を試みた。マネキンの頭頂、額中央、眼瞼周囲、及び角膜表面に計18個の小型UVセンサ

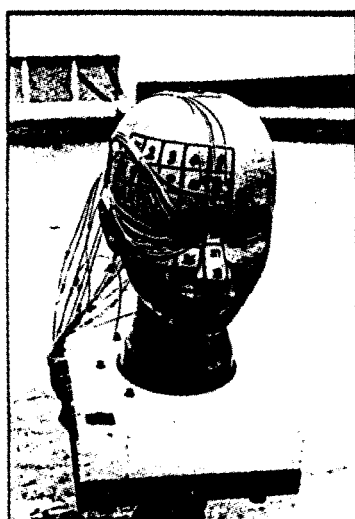


図4 マネキンを用いた
紫外線計測装置

ーを貼付し、パーソナルコンピュータと接続した。頭部内部には傾き、方位を自動検出する機構を組み込んだ(図4)。

2) 結果

一定条件下で、各部位の紫外線強度を測定した。測定点各部での紫外線被曝強度は、測定時刻により異なるが、各点とも同じ傾向を示した。頭頂部及び前額部の被曝強度は、地表面(コンクリート面)とほぼ同程度で、測定点の中では最強であった。次いで眼瞼下方の上頬部の被曝が強かった。上眼瞼部鼻側、眼瞼部、眼瞼の鼻側部の被曝強度は測定点の中で最も低かった。

角膜前面の紫外線被曝強度は眼鏡非装用で前額部の70数%から80数%であった。眼鏡を装着しても各測定部位の紫外線被曝の傾向は非装用時と変りはなかったが、眼鏡装用での被曝強度は非装用時に比べ低かった。

3) 考察

眼部の紫外線被曝量を具体的に検討した報告はこれまでにない。眼障害を考える時、地表面での紫外線強度はある程度は参考にはなるが、これをもって眼の被曝量とすることには無理がある。紫外線の眼内照射方向と眼病変発現の関係までが論ぜられている今、眼部の紫外線被曝量はこれまでとは違ったレベルで検討されなければならない。今回の検討は紫外線センサーの波長域が広いこと、眼部表面での紫外線強度の測定にとどまったことなど予備実験に近いものであったが、得られた結果はきわめて興味あるものであった。予測されたものも

あったが、これを実証できた点その意義は高いと考えている。本装置からの情報を基礎に更に精度の高い眼部紫外線計測装置を開発中である。

3. 5 白内障の疫学調査

紫外線と白内障に関する基礎研究はこれまでも数多くあったが、ヒト白内障と直接結びつくような疫学的研究は、わが国は勿論のこと海外を含めてきわめて少ないのが実情である。本研究では、今後の紫外線と白内障に関する疫学研究を発展させるために必要な基礎情報を収集することを目的に、画像解析システムを導入した住民疫学調査を実施した。

1) 対象及び方法

対象は北海道札幌近郊のS村、石川県能登地域のM町、沖縄県東部のY村に在住する40歳以上の一般地域住民1,615名であった(表2)。

表2 調査対象者

調査地域	S村(北海道)	M町(石川県)	Y村(沖縄県)
総人口(人)	3,914	10,066	13,611
40歳以上人口(人)	2,121	7,145	7,990
受診者数	284	865	466
男 性	88	246	160
女 性	196	619	306
受 診 率	13.4	12.1	5.8
平均年齢	63.3	65.3	61.7
40代	37	3	85
50代	70	216	103
60代	88	386	143
70代	70	230	111
80代以上	19	30	24

検診は毎回、眼科医、視能訓練士、眼科写真技師、看護婦、保健婦、医学部学生14～18名で行った。問診は白内障疫学研究班作成の問診票により実施した。眼科検診項目は視力矯正を含む遠距離視力測定、眼圧測定、細隙灯顕微鏡下での前眼部検査、散瞳可能例については散瞳下での水晶体・眼底検査、水晶体所見の眼部解析システムによる写真記録を行った。白内障の分類、程度診断は白内障疫学研究班分類に従い、原則として画像により行った。

調査対象三地域は地理、気象条件が大きく異なり、UV-B量はS村を1とするとM町はその1.3倍、Y村は2倍である。三地域とも受診者の主な職業は農・林・漁業で、S村77.4%、M町54.8%、Y村40.8%であった。

2) 結果

三地域とも屈折異常が圧倒的に多く白内障につながる強度近視は0.6~2.8%にみられた。次いで多いのは、程度Ⅰ（初期白内障性混濁）までを含めた水晶体混濁で、S村46.6%、M町64.4%、Y村38.0%であった。翼状片はS村9.9%、M町0.7%、Y村30.3%であった。

程度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの全てを含む水晶体混濁（白内障）の年代別有所見者率は、S村では40代10.8%、50代24.3%、60代51.1%、70代71.4%、80歳以上88.9%であり、M町ではそれぞれ（該当なし）、38.4%、65.3%、84.6%、100%、Y村では3.5%、25.2%、42.9%、65.4%、65.2%であった。水晶体混濁の見られた者の中では、皮質混濁が圧倒的に多く（S村:94.7%、M町:91.9%、Y村:85.6%）、次いで核白内障が多く（14.4%、28.3%、41.4%）、囊下白内障は三地域とも同程度にみられた（9.1%、10.8%、10.3%）（図5、6）。

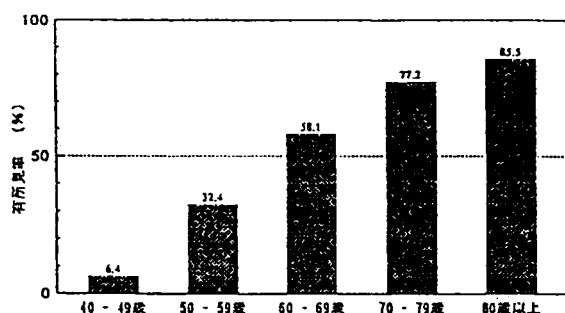


図5 年齢別水晶体混濁（程度Ⅰ～Ⅲ）
有所見率（3地区平均）

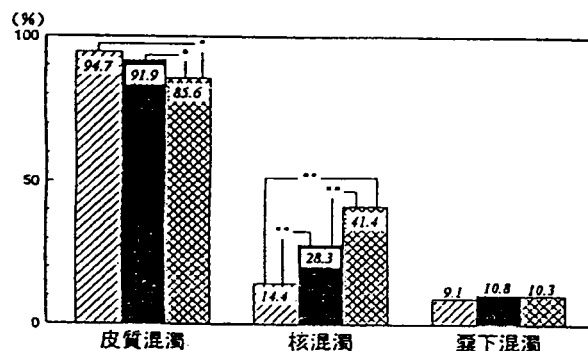


図6 混濁水晶体の病型

白内障の中で皮質白内障、核白内障の占める割合を年代別にみると、皮質混濁はY村が40代、50代で他の二地域の対象より明らかに低く、また核混濁もY村が50代、60代で他の二地域より高い割合を示した。

3) 考察

本報告は、わが国における水晶体混濁の有所見率を自然環境（気象条件）の異なる三地域で比較検討したものである。このように、一般地域住民を対象に、しかも白内障の分類・診断に画像診断という客観的手法を用いた疫学調査は世界的にも我々の報告に限られている。今回の検討から得られた白内障有所見率は、これまでの結果（佐々木らによる石川県能登地域S町の調査、Vrensensらのオランダでの調査、Framingham Eye Study）とほぼ同様の結果であり、日本人の白内障の有所見率は欧米先進国での有所見率に近いものと推測された。しかし、今回のように詳細に検討すると国内でも地域によっては住民の白内障の有所見率、病

型に特徴的な傾向がみられることも明らかとなったが、さらに検討が必要と思われる。

実験的には紫外線照射単独で誘発される白内障の病型は皮質白内障である。初発する白内障の90%近くがこの皮質白内障であるが、紫外線と皮質白内障発現、進行との関係を三地域のみを対象群の解析だけでは論じることが難しい。今回の三地域では、沖縄住民の紫外線被曝量が最も多いことは気象データからも明らかであるが、冬期雪の多い北海道住民と能登地域住民との間で、眼部の紫外線被曝量がどれ程異なるかも現時点では不明である。眼部の紫外線被曝量が明らかされた上で改めて検討したい。ただ興味あることは、核白内障の50歳代での発現が沖縄住民で明らかに高かったことである。我々はインドネシアスマトラ島住民を対象にした白内障の疫学調査により、比較的若い年代で高い核白内障の有所見率を見出している。紫外線被曝とどれ程関連するのか現時点では不明であるが、沖縄対象群での結果は今後の更なる検討に値すると考える。

近い将来、国内外で今回我々が提唱した方法による白内障の疫学調査が予定されている。紫外線と白内障発現の関係を疫学的データをもって証明するにはなおしばらくの時間を要しようが、本研究で得られた結果は今後の白内障疫学研究の基礎資料になり得ると考える。

3. 6 皮質白内障の局在の検討

太陽光の眼内への入射を顔面骨格の解剖学的構造から単純に推測すると、鼻側下方が最も入射量が多いと考えらるが、角膜を透過して外側方から眼内に入射する光は角膜鼻側輪部に集光することが近年明らかにされている。この両者を合わせ考えた時、皮質混濁は鼻側下方に好発するのではないかと推定が成り立つ。臨床的にも、この特異的な皮質混濁の局在は経験的な所見として古くから指摘されており、これに対する様々な考察もある。

今回の検討は、生活環境の異なる国内3地域の住民を対象とした白内障の疫学調査の中で、初期の皮質混濁を有する症例を対象に混濁の局在を解析したものである。

1) 対象および方法

対象は、前章の三つの対象群（北海道S村、石川県能登地域M町、沖縄県Y村）の中で白内障疫学研究班程度分類Iを示した261眼の皮質白内障で、内訳は北海道38眼、能登地域169眼、沖縄54眼である。各群の年齢構成は、それぞれ41～82歳（平均65.6歳）、50～81歳（平均63.8歳）、45～85歳（平均66.4歳）であった。全ての症例は、その水晶体混濁所見を散瞳下で徹照像として撮影記録した。この画像を、1mm毎の同心円（1～8mm）×8象限＝64領域、に分割し各領域内の混濁部位を検出した。

2) 結果

沖縄対象群では鼻側下方象限に50～69%の混濁がみられた。また能登対象群では下方2象

限に50～59%、北海道対象群では耳側下方象限に50～59%の混濁がそれぞれみられた。能登対象群では混濁の局在が下方2象限に有意に多くみられた($P<0.001$)。これに対し、沖縄対象群では鼻側2象限が耳側2象限に比べ有意に高い混濁局在率を示した($P<0.05$)。北海道群では混濁が有意に高く局在する象限はなかった。

3) 考察

皮質白内障の混濁は鼻側下方象限にみられることが多いといわれているが、これを詳細に検討した報告は少ない。今回の検討はこれまでよりも更に精度の高い評価手法を採用し、しかも3つの対象群はほぼ同じ年齢、職業構成である。生活環境(気象条件)が日本国内としては明らかに異なる3地域だけに、これまでにない有用な情報が得られたものとする。皮質白内障の発現あるいは進行が紫外線被曝により誘発、加速されるという仮定にたてば、皮質混濁の鼻側下方部での好発は白内障研究の中では検討に値する課題である。Beaver Dam Eye Studyでも徹照像を用いて4象限について白内障の局在を検討し、下方、殊に鼻側下方の局在が一番高く、これを太陽紫外線の影響と考察している。沖縄対象群でみられた鼻側下方の特異的局在は紫外線を危険因子とした時には魅力ある考察とはなるが、現時点では3対象群の結果の全てがこれにあてはまるものではない。雪面からの反射で(下方から)眼面に照射される紫外線量は想像以上に高いことが知られている。また、紫外線被曝が原因と最近強く推定されている翼状片が、北海道対象群では能登対象群に比較して明らかに多くみられたことは、北海道地域での紫外線の眼部被曝が無視できない量であることを示唆しているのかもしれない。北海道対象群でみられた上下、鼻耳側に無関係な皮質混濁を紫外線と結びつけて考察するなら多少の意味づけは出来るものかもしれない。疫学的観点にたつ更なる検討が必要と考える。

3. 7 症例・対照研究による眼鏡の紫外線防御効果の検討

眼鏡の装用により紫外線の一部がカットされることはよく知られている。紫外線誘発白内障を防御する手段として眼鏡装用は最も簡便な方法であり、事実多くの者が強い太陽光のもとでの活動に際してはサングラスを装用している。紫外線の単独照射で実験的に誘発される白内障の病型は皮質白内障であることから、眼鏡装用者と非装用者の間に純粋な皮質白内障発現に違いがあるかを、症例・対照研究で検討した。

1) 対象および方法

対象は、能登地域M町に在住する40歳以上の一般地域住民を対象に行われた疫学調査で皮質白内障と診断された299例(男性:80例、女性:219例)と対照249例(男性:74例、女性:175例)である。症例の56%と対照の45%は60歳代であった。

全ての対象には32項目にわたる問診を行った。問診では戸外生活時間と戸外生活時の眼鏡装用の有無について、各人の20～30歳代、40～50歳代、および現在、の3時点におけるそれを調査した。統計解析には無条件ロジスティック型回帰式解析法を用いた。

2) 結果

各人の過去のどの年代においても、また男女いずれにおいても皮質白内障と眼鏡非装用の間には有意な関連はみられなかった(表3)。一方、戸外生活(労働)時間と皮質白内障との関係を見ると、男性では40~50歳代と現在の1日の戸外生活時間が5時間以上の者では、4時間以下の者と比べて相対危険度はそれぞれ3.88(1.11~13.53)、2.20(1.03~4.71)であった。女性では両者に有意な関連はみられなかった。

表3 性別・年代別にみた眼鏡非装用の皮質白内障に対する相対危険度(95% C.I.)

		相対危険度 (95% C.I.)	
		男 性	女 性
20~30歳代	眼鏡装用	1.0	1.0
	非 装 用	0.86 (0.17 - 4.39)	0.74 (0.12 - 4.38)
40~50歳代	眼鏡装用	1.0	1.0
	非 装 用	1.09 (0.19 - 6.07)	1.07 (0.29 - 3.88)
現 在	眼鏡装用	1.0	1.0
	非 装 用	1.11 (0.37 - 3.37)	0.76 (0.36 - 1.59)

3) 考察

眼鏡装用が紫外線の眼内透過をブロックする有用な手段であることはよく知られたことであり、白内障発予防の意味でも紫外線カット眼鏡の装用は望まれるところであるが、その効果を実証した疫学的研究はこれまでにはない。

今回の調査結果では、戸外生活時の眼鏡装用の有無と皮質白内障発現との間には関連が認められなかった。しかし、現時点でこれを以て眼鏡装用は紫外線防御効果なしと結論するつもりはない。眼に対する紫外線暴露量に關与するその他の因子、例えば帽子着用、地面の性状、季節などは今回の調査票では項目として取り入れていない。問診の内容をいま一つ考えなおすことが次への課題であろう。男性に限ってではあるが戸外生活時間が5時間以上の者は4時間以下の者に比べると皮質白内障の危険度は高くなっている。今後、太陽紫外線と白内障発現の関連を論じる時、肯定的見解としての疫学的データとなり得るものとする。対象者の多くは60歳以上の年代群で占められていた。この年代では、たとえ40歳代で眼鏡を装用していたとしても、当時の眼鏡レンズそのものは紫外線カット加工はされていない。このことが直接今回の結果につながらないまでも、眼鏡によっては眼鏡装用即ち紫外線カットとは言い切れないことも今後の検討に生かしたい。

4. まとめ

紫外線暴露と白内障発現の関連を検討することを目的に、国内の自然環境、紫外線照射量の大きく異なる地域での一般住民眼科検診と、生活環境中での紫外線暴露量評価を試みた。

紫外線暴露に関しては、簡易測定装置による戸外活動時における紫外線暴露量調査と標的臓器である眼部への紫外線暴露量評価のためのフィールド実験を、そして、白内障の疫学調査に関しては、自然環境条件（紫外線照射量）の大きく異なる地域で一般住民眼科検診と紫外線暴露に係る症例・対照研究を行った。

1) 我が国における紫外線照射量の状況からみて、地域住民の紫外線暴露は、春季から秋季にかけて60～80%、そして、正午をはさむ数時間で80～90%を占めることが推測された。

2) 国内4地区において、代表的な戸外労働者の一つであるゴルフ場のキャディーを対象に、簡易測定装置を用いて1年間の紫外線暴露量調査を実施した。

1年間にわたるゴルフ場での紫外線暴露量調査結果より、暴露量は、①冬季に低く夏季に高い季節変動、②天候による日間変動、と、③被験者間の大きなバラツキが観察された。

暴露量レベルは那覇、つくば、札幌、能登の順であり、おおむね南高北低の傾向であった。スキー場での測定結果に関しては、春先（4月）には沖縄と同程度に高い暴露量を示す日も多く観察された。1年間の紫外線累積暴露量は那覇地区が最も大きく、つくば、能登地区の暴露量は那覇地区と比較して、それぞれ65%、43%であった。札幌もおおむね能登地区と同程度と考えられた。

3) 各地区の時刻別紫外線強度と戸外活動時間から紫外線暴露量を推定した。紫外線暴露量の推定値と簡易測定装置による観測値の相関は、各地区ともおおむね良好であり、紫外線照射量と戸外活動時間より一定の精度で暴露量の推定が可能と考えられた。

4) 眼部の紫外線被曝量をより実態に近い状態で検出することを目的に、ヒト頭部模型（マネキン）を用いた眼瞼部周辺、及び角膜前面での紫外線強度測定装置を作成した。

頭頂部及び前額部の被曝強度は、地表面（コンクリート面）とほぼ同程度で、測定点の中では最強であった。次いで瞼裂下方の上頬部の被曝が強かった。上眼瞼部鼻側、瞼裂部、瞼裂の鼻側部の被曝強度は測定点の中で最も低かった。角膜前面の紫外線被曝強度は眼鏡非装用で前額部の70数%から80数%であった。眼鏡装用と非装用時で、各測定部位の紫外線被曝傾向に変わりなかったが、眼鏡装用での被曝強度は非装用時に比べ低かった。

5) 紫外線と白内障に関する疫学研究の基礎情報収集を目的に、画像解析システムを導入した住民疫学調査を、北海道札幌近郊、石川県能登地域、沖縄県東部の3地区の一般地域住民（40才以上）を対象に実施した。

三地域とも屈折異常が圧倒的に多く白内障につながる強度近視は0.6～2.8%にみられた。次いで多いのは、程度Ⅰまでを含めた水晶体混濁は北海道46.6%、能登64.4%、沖縄38.0%であった。翼状片は北海道9.9%、能登0.7%、沖縄30.3%であった。水晶体混濁の見られた者の中では、皮質混濁が圧倒的に多く、次いで核白内障、囊下白内障となっていた。白内障の中で皮質白内障、核白内障の占める割合を年代別にみると、皮質混濁は沖縄が40代、50代で他の二地域より低く、また核混濁も沖縄が50代、60代で他の二地域より高率であった。

6) 太陽光の眼内への入射角度を考慮すると、皮質混濁が特定の部位に局在するのではないかとの推定が成り立つ。国内3地域の住民を対象とした白内障の疫学調査の中から、初期の

皮質混濁を有する症例を対象に混濁の局在を解析した。

沖縄対象群では鼻側下方に50～69%の混濁がみられた。また、能登対象群では下方に50～59%、北海道対象群では耳側下方に50～59%の混濁がみられた。混濁の局在に関しては、能登対象群では下方2象限に有意に多く、沖縄対象群では鼻側2象限が耳側2象限に比べ有意に高率であった。北海道対象群では混濁の局在は認められなかった。

7) 眼鏡の装用による紫外線カットの効果をみるために、眼鏡装用者と非装用者の間に皮質白内障発現に違いがあるかを、症例・対照研究で検討した。対象は、能登地域M町で実施した一般地域住民眼科検診(40才以上)で皮質白内障と診断された299例である。紫外線暴露に関連して、戸外生活時間と戸外生活時の眼鏡装用の有無(20～30歳代、40～50歳代、および現在)を問診により確認した。

皮質白内障と眼鏡非装用の間に有意な関連はみられなかった。一方、戸外生活時間と皮質白内障との関係についてみると、男性では40～50歳代と現在の1日の戸外生活時間が5時間以上の者では、4時間以下の者と比べて相対危険度が有意に高かった。女性では有意な関連はみられなかった。

5. 本研究により得られた成果

国内の自然環境、紫外線照射量の大きく異なる地域での一般住民眼科検診と、生活環境中の紫外線暴露量調査により、以下の成果が得られた。

1) 北海道、つくば、能登、沖縄において、ゴルフ場のキャディーを対象に行った1年間の紫外線暴露量調査により、これまで系統的に検討されたことのない、一般生活環境中での紫外線暴露量を明らかにすることができた。

その結果、紫外線暴露量は、①被験者間に大きなバラツキがみられるが、地表面での照射量と同様、②冬季に低く夏季に高い季節変動、③天候による日変動、を示し、④暴露量レベルは那覇、つくば、札幌、能登の順であり、おおむね地表面での照射量に対応することが明らかになった。ちなみに、1年間の紫外線累積暴露量でみると、那覇地区と比較して、つくば地区65%、能登地区43%であった。なお、札幌地区もおおむね能登地区と同程度と考えられた。

2) 各地区の時刻別紫外線強度と戸外活動時間により、一定の精度で暴露量が推定できることを示した。また、マネキンを用いた頭部紫外線被曝量計測装置により、眼部の紫外線被曝量をより実態に近い状態で検出することが可能になった。この結果並びに眼鏡装用の効果を、上記の暴露量推定モデルに適用することにより、標的とする部位における紫外線有効暴露量の推定が可能になった。

3) 一般地域住民を対象とした眼科検診に画像解析システムを導入することにより、より客観的な白内障診断が可能となった。

国際共同研究等の状況

本研究班では、WHOの国際共同プロジェクト（INTER SUN）に参画するとともに、研究期間中以下の国際会議に参加、または開催した。

- 1) WHO INFORMAL CONSULTATION ON THE EFFECT OF SOLAR UV RADIATION ON THE EYE
会議場所：WHO (Geneva)

日 時：平成5年8月30日～9月3日

テ ー マ：1979年のWHO作成による小冊子「ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA, ULTRAVIOLET RADIATION」の中の眼障害部分の改訂作業

「The effects of solar UV radiation on the eye」として発刊（WHO、1994年）

- 2) MEETING OF TASK GROUP ON ULTRAVIOLET RADIATION PROTECTION

会議場所：Baltimore, (U.S.A.)

日 時：平成6年8月15日～18日

テ ー マ：紫外線被曝に関する注意を喚起するための一般向け広報の作成作業

「A GLOBAL UV PROJECT, Protection Against Exposure to Ultraviolet Radiation」として公表（WHO、1995年）。

- 3) Baltimore USACHPPM / WHO INTERSUN TASKING GROUP MEETING

会議場所：Baltimore, (U.S.A.)

日 時：平成7年8月1日～4日

テ ー マ：眼部紫外線障害と紫外線被曝量測定に関する意見交換

- 4) 国際シンポジウム 「UV and CATARACT」

会議場所：金沢

日 時：平成7年6月6日～8日

テ ー マ：紫外線障害と白内障に関する疫学と基礎研究

主 催：金沢医科大学眼科学教室（佐々木 一之）、環境研究所

本シンポジウムでの講演論文は「Development in Ophthalmology (Karger, Basel)」の特集号として発刊予定（1996年）

研究発表の状況

誌上発表

- 1) 青木功喜、小野雅司、他：北海道における高齢者の視覚の疫学調査、高齢者問題研究、10、59-70、1994.
- 2) 佐々木一之、小野雅司、他：生活環境の異なる三地域に在住する住民を対象とした白内障の疫学調査（第1報）、日本眼科学会雑誌、99(2)、204-211、1995.

口頭発表

- 1) 佐々木一之、小野雅司、他：生活環境の異なる三地域に在住する成人健康日本人の水晶体所見の検討、第98回日本眼科学会総会、1994. 4（横浜）.
- 2) 小野雅司：簡易測定器具による紫外線暴露量測定、第35回大気汚染学会、1994. 11（盛岡）.
- 3) 加藤信世、小野雅司、他：皮質白内障発現と太陽光線暴露との関連についての症例・対照研究、第34回日本白内障学会、1995. 6（金沢）.
- 4) 浅野浩一、小野雅司、他：気象条件の異なる国内3地域での皮質白内障混濁の局在、第34回日本白内障学会、1995. 6（金沢）.
- 5) Sasaki K., Ono M., *et al.*: Current UV-B related cataract epidemiological study in Japan, Joint Conf. 7th Scheimpflug Club Meet., 1995.6(Kanazawa).
- 6) Katoh N., Ono M., *et al.*: Relationship between cataract formation and wearing glasses, - A case control study, Joint Conf. 7th Scheimpflug Club Meet., 1995.6(Kanazawa).
- 7) Ono M.: Preliminary study of ultraviolet exposure measurement, Joint Conf. 7th Scheimpflug Club Meet., 1995.6(Kanazawa).
- 8) 小野雅司：生活環境中の紫外線暴露量 - 紫外線照射量と個人暴露量、環境科学会1995年会、1995. 10（盛岡）.
- 9) 小野雅司：簡易測定器具による紫外線暴露量測定（第2報）、第36回大気環境学会、1995. 11（東京）.
- 10) 小野雅司：生活環境中の紫外線暴露量 - 簡易測定装置による長期被曝量調査結果について、太陽紫外線防御研究委員会第6回シンポジウム、1995. 12（大阪）.