紫外線とその健康影響

大中 忠勝

国立公衆衛生院生理衛生学部

Health Effects of Ultraviolet Radiation

Tadakatsu OHNAKA

Department of Physiological Hygiene, The Institute of Public Health

Exposure to ultraviolet radiation (UVR) occurs from both natural and artificial sources. The main natural source is the sun. On the other hand, artificial UVR sources are widely used in industry and also used in hospitals, laboratories, etc. because of their germicidal properties. They are even used for cosmetic purposes. UVR can be classified into three regions according to its wavelength: as UVA (320-400nm), UVB (320-280nm) and UVC (280-200nm). The UVC has the greatest health effect on humans among the three. The sun radiates a wide range of spectrum of electromagnetic radiation including the UVR, however the radiation below 290 nm in wavelength does not reach the surface of the earth for effective absorption by the stratospheric ozone layer. As a result, UVR from a natural source consists of only UVA and a part of UVB. On the other hand, artificial UVR sources include UVC region and have serious effects on the human body, especially on the skin and eyes.

The health effects of UVR on humans can be beneficial or detrimental, depending on the amount and form of UVR, as well as on the skin type of the individual exposed. It has been acknowledged that a long period of UVR deficiency may have harmful effects on the human body, such as the development of vitamin D deficiency and rickets in children due to a disturbance in the phosphorus and calcium metabolism. Appropriate measures to increase the amount of exposure to UVR, especially to UVB radiation by the use of sun bathing, the exposure to artificial UVR sources, etc. have shown to prevent disease states caused by UVR deficiency. The harmful effects of UVR consist of erythema, sunburn, photodamage (photoaging), photocarcinogenesis, damage to the eyes, alteration of the immune system of the skin, and chemical hypersensitivity. Skin cancer is commonly produced by UVR. In this review, various states of UV from solar radiation and the degree of exposure to UVR are introduced. The benefits and harmful health effects of UVR are discussed in relation to the skin type of humans. The measures of protection from UVR, such as sunscreen preparations, protective clothing against UVR, etc. are also introduced.

(Ann. Physiol. Anthropol. 12(1): 1-10, 1993)

Key words: Ultraviolet radiation, Spectrum, Erythema, Tanning, Skin type

従来、紫外線は皮下のビタミン D の前駆物質をビタミン D に変え、くる病発症の予防効果があることや、紫外線の殺菌作用、紫外線が多い山間部や浜辺では大気が清浄である等の理由から、紫外線の有効性が広く認識されてきた。しかし、最近では皮膚老化の主な原因のひとつに紫外線の影響が挙げられるようになり、一般にもその害が認識されてきている。さらに、地表に到達する有害な短波長の紫外線をカットしているオゾン層がフロンガスなどにより破壊されることが予想され、一部の地域では紫外線増加の健康影響もすでに観察されている。紫外線についての議論は、従来の日光浴などによる紫外線曝露の積極的な推進から、紫外線曝露による害を如何に小さなものにするかに変わってきている。紫外線の有効性やその害を知ることは、健康で快適な生活を営む上で重要である。ここでは、紫外線の性質、人体影響、その利用法や防御法についての知見を紹介する。

1. 紫外線とは

紫外線は物理的には電磁波の一部である。電磁波は無線通信に利用される電波のように波長が数 m から数千 m にわたるものから、X 線のように波長がわずかに数 nm (100 万分の 1 mm) にすぎないものまで非常に幅広い範囲にわたっている。そのうち波長約 10 nm から 400 nm までの電磁波を総称して紫外線としている。紫外線の区分はまちまちであるが、生物に対する影響を考慮して、図 1 に示すように紫外線を 3 つの帯に分けている。波長 400—320 nm を UVA (A 紫外線, 長波長紫外線, 近紫外線), 波長 320—280 nm を UVB (B 紫外線, 中波長紫外線), 波長 280—200 nm を UVC (C 紫外線, 短波長紫外線, 遠紫外線) に分けている (WHO, 1979; 大中, 1990)。波長 200 nm 以下のものは空気中ではほとんど吸収され、真空でのみ存在するので、真空紫外域紫外線と呼ばれる。

このように自然界では UVC は大気中でほとんど吸収されるが、人工的に発生する紫外線にはこの波長域

図 1 紫外線の区分 (各域の波長範囲は異なる意見があり、それらについてはカッコ内に示した)

の紫外線を含んでいるものも多い。紫外線の人工光源としては水銀灯、水銀アーク灯などがあり、これらの紫外線は波長の短い UVC を含んでいる。また、無菌室の空気の殺菌などに使用される紫外線殺菌灯は大部分が殺菌作用が強い 254 nm を中心とした UVC が使用されている。

電磁波は波長が短いほどエネルギーが大きく、生体に与える影響も大きい。健康な人の皮膚では UVA によって深刻な影響を受けることは少ないが、UVB では健康な人の皮膚であっても炎症やむくみを起こす。さらに地表では人工的に発生する波長が短い紫外線では、電離線 (X 線や γ 線) のような影響を与える可能性がある。

2. 太陽光中の紫外線

1) 紫外線の地理的、時間的变化

紫外線の量は地表に到達する日射量により影響され、緯度、高度、季節、時刻、天候により変動する。一般に、赤道付近で多く、緯度が高くなるにつれて少なくなる。しかし、経度の異なった世界の 24 都市で測定された紫外線量は、必ずしも緯度との間に単純な相関関係を認めなかったという報告もある (Davis ら, 1976)。

日本における紫外線量については、福田ら (1987) が沖縄から北海道にかけての 7 都市において 2 ~ 3 年間に渡って測定している。彼らは 300 ~ 400 nm の紫外線を 10 分間毎に積算して記録した。図 2 に月別 (1 日の 10 分間の最大値の上位 5 番目までの値を平均してその月の平均値を算出)、都市別の全天空紫外線量を示した。南に位置する九州や沖縄で紫外線量は大きい、必ずしも南部で高いわけではない。最も高い値を示し

図 2 太陽光線の月別、都市別の全天空紫外線量 (福田ら、1987 のデータより作図)

たのは高度610mの松本市であり、横浜市の37%増、最低の旭川市の42%増であった。1年中、スモッグでどんよりとした日が多い横浜は、秋田より低い。高地である松本で紫外線量が最大であるように、高度も紫外線量に影響を与え、高度が1,000m上昇すると紫外線量は約15%増加する。高度が3,000mを超える高山での紫外線量は、平地と比較して約1.5倍に増加する。

季節的には春から夏にかけて急増し、特に3、4月での増加は大きい。また、最大値を示すのは5～6月にかけてであり、必ずしも真夏に最大となるわけではない。ヒトの皮膚は紫外線の照射に対して、後述するようなメラニン色素の沈着、角層の肥厚により防御的な変化を示すが、この変化は紫外線が多くなる春から夏において生じる。このため、春先は紫外線の量は夏と比較して少ないにもかかわらず、影響は大きくなる。

1日のうちでは12時頃をピークとし、10時から14時の間で多く、1日の総紫外線量のうち約60%がこの時間帯に地表に到達する。また9時から15時の間に約80%が到達する。ただし、ピークの時刻は経度により若干変化し、西に行くほど遅くなる。

2) 紫外線の曝露量

Leachら(1978)は事務系労働者、店員、主婦等約50名の日常生活での被曝紫外線量をポリスルホンフィルムを使用して1年間測定した。1年間に被曝する紫外線量は水平面全天空紫外線量の約3%であった。週末の被曝量は1週間の被曝量の45%に相当する

ことも示された。また、職種別では庭師10% (全天空量に対する割合)、研究員2%、拘束された入院患者0.1%、老人の入院患者9%であったことも報告されている(Challonerら、1976)。

井川ら(1991)が測定したスポーツ(ゴルフ、ゲートボール、スキー、海水浴)中に曝露される紫外線は、測定された身体18カ所のうち頭頂部・肩部で多かった。スポーツの種目別では、ゴルフ、ゲートボールでは手首、背中、腕等の被曝量が多く、スキーでは部位差が少なかった。特に、スキーでは顎部での測定も行われているが、海水浴と比較し、照り返しによる被曝が多いことを示している。

3. 紫外線の皮膚に対する影響

1) 皮膚の構造と光

皮膚は暑さ、寒さ、雨風から身体を守っているばかりでなく、紫外線からも身体を守っている。紫外線を含む太陽光のエネルギーはヒトの脳、心臓、消化器官までとどかず、皮膚のある部分までしか入っていかない。皮膚の構造は図3に示すように、表皮、真皮、および皮下組織から成り立っている。皮下組織は大部分が脂肪組織であり、クッションの役目をはたすとともに体内の温度を保つのに役立っている。真皮は皮膚の弾力や張りと関係のある蛋白質でできた各種の繊維成分と、皮膚へ栄養を供給するための毛細血管や神経などがある。表皮は皮膚の最も外側の部分であり、その中

図3 紫外線の皮膚透過率 (安本、1985)

でも空気に触れている部分を角（質）層といい、死んだ細胞の残骸（角化した細胞）からできており、外界からの直接の刺激から身体を守っている。表皮の最も深いところの基底細胞層では、新しい細胞を作るとともに表皮の新陳代謝を調節し、また紫外線の刺激から身体を守るメラニンを作るメラノサイトが存在する。また、基底細胞層と有棘細胞層ではビタミンDの前駆体7-ヒドロコレステロールが存在し、紫外線（特にUVB）が当たるとビタミンDに変わる。

太陽光は皮膚のどの深さまで入るのであろうか。太陽光のうち地表までとどく光は波長が290nm以上のものである。図3に示すように波長の短いUVC（地表では人工光源によるもの）はほとんど表皮までしか達することができず、UVBは一部は真皮まで、UVAは真皮にまで到達する。つまり、屋外ではUVA、UVBはその影響を及ぼす位置が異なるにしても、両者の影響を受ける。一方、窓ガラスを通った太陽光は315nm以下の波長は遮断され、その結果室内ではUVAの影響が主体となる。

2) 抗くる病作用、殺菌作用

紫外線はヒトの皮膚に照射されると血中の7-ヒドロコレステロールをビタミンDに変化させ、抗くる病効果を持つことはよく知られている。そのため、紫外線が少ない高緯度地方では、くる病の発症率が高い。ソビエトでは北緯65°でのくる病発症率は北緯45°での2.5～3倍であることが報告されている（WHO, 1979）。紫外線（照射）不足を生じさせないための最低限の紫外線照射量は明確には解っていない。しかし、ビタミンDは日光浴をしなくても、食べ物から摂取することもできる。日本では現在、食生活が豊かになり食物からだけで十分なビタミンDを摂取できるので、特に日光浴をしなくてビタミンD不足に陥ることは少ない。

日照量不足は心理的な影響や建築物への影響も考えられ、わが国の建築基準法では住宅の最低日照時間を4時間と定めている。250～320nmの紫外線は殺菌作用が大きい。特に254nm当りの波長で最大となる。このため殺菌灯で使用する紫外線の波長はこの領域のものを使用している。寝具や衣服を日光に当て、日光消毒を行うことがあるが、太陽光線の中の殺菌作用の強いUVCはオゾン層に吸収され、地上には到達しない。地表に到達した太陽光線のうちの最も短い波長の

ものがこの働きを僅かに代行しているにすぎない。ただ、日光の熱作用とそれによる乾燥が滅菌や細菌の繁殖を抑えるのに有効である。

3) 日焼け

紫外線の人体に対する影響のうち、最も知られているのが皮膚に対する影響である。一般には「日焼け」と呼ばれている現象であるが、「日焼け」には本質的には2つの異なった現象が混同されて使用されている場合が多い。1つは皮膚が赤くなる紅斑であり、他の1つは肌が黒くなる色素沈着である。紫外線への曝露の結果、紅斑が生じると、それに対する防御反応として色素沈着が起きる。しかし、紅斑が生じなくても、色素沈着は起きる。

(1) 紅斑（皮膚が赤くなる）

30分間以上明るい夏の太陽光線に皮膚を曝すと、被曝した皮膚に紅斑が現れる（一般にはサンバーン現象と呼ばれる）。太陽光に曝された皮膚では、血管が拡張し、血流が増え、血管の透過性が亢進する結果、皮膚は赤くなる。これは主にUVBによる影響である。図4にヒトの皮膚に紅斑現象を生じさせるスペクトル（波長）について示したが、波長250～260nmの紫外線はこの紅斑作用が強い。紅斑の程度は曝された紫外線に依存し、より強い紫外線に曝されると紅斑ができるだけでなく、ヒリヒリとした痛み、さらに浮腫や水疱が形成されることになる。

(2) 色素沈着（皮膚の色が黒くなる）

色素沈着（一般にはサントーン現象と呼ばれる）には2種類のものがある。1つは、主にUVAにより、表皮の基底層にあるメラノサイトが刺激されて、メラニンという色素が増加する場合であり、この程度は人種的

図4 紫外線による紅斑と色素沈着（前田、1985）

に異なり、皮膚の色を決定する要因のひとつとなっている。この過程は日光に曝されると自然に起こる反応であり、1次的色素沈着反応と呼ばれる。これに対してUVBに曝されて紅斑が生じた後で、これに対する防御的な反応としてメラノサイトが2次的な反応として、多量のメラニンを作る。この2次的な色素沈着は1次的なものとは異なる生化学的な刺激によるものである。1次的色素沈着が3～10日間に徐々に増強し、長期間持続するのに対し、2次的色素沈着は紅斑の消失後6～24時間で始まり、紫外線の刺激が無くなると次第に消失する。図4に示すように1次的色素沈着と2次的色素沈着を生じさせる紫外線の波長はかなり異なる。この色素沈着は、次回の紫外線曝露の際に防御的に働くので、非常に重要な生体反応である。紫外線に曝露されると表皮、特に角層の肥厚が生じる。角層は紫外線を吸収、反射するので、角層の厚い部分では紅斑が起こりにくい。紫外線の反復曝露を受けると、角層は肥厚し、色素沈着と共に次回の紫外線曝露に際し、防御的に働く。

(3)落屑（皮がむける）

海水浴、テニス、スキーなどで調子によって肌を焼きすぎると、皮膚が赤くなるばかりでなく、皮がむける。これは、紫外線の影響で一時的に皮膚の細胞の増殖が抑えられるが、その後3日くらい経過すると逆に細胞が活発に増殖するようになるためであり、その結果、皮がむける。

4) 長期間の紫外線曝露の影響

皮膚が日光（紫外線）に曝されると、短期間には紅斑や色素沈着が起きる。では、長年にわたって皮膚を紫外線に曝すとどのような変化が生じるのであろうか。ひとつは日光は皮膚の老化を早めることであり、その他に皮膚癌のリスクを高めることである。

(1)皮膚の老化

長期間にわたって皮膚が紫外線に曝されると皮膚の老化が促進される。すなわち、皮膚が薄くなり（萎縮）、シワが増え、カサカサし、軽くぶつっただけで皮下出血する（皮膚脆弱化）ようになる。これらの皮膚の変化は、真皮結合組織が長期間の日光曝露により変性するためである。真皮には皮膚の弾力や張りに関係のある蛋白質が存在するが、その量が減り、さらにその性質も変性し、弾力や張りが失われる。

紫外線に繰り返し曝される漁民、農民、屋外作業者

などには、繰り返しの曝露により特異な皮膚の反応を示す。皮膚は弾性がなく、褐色で、シワのある皮膚となる。顔面では毛細血管が拡張し、頸部では首の動きによる線様の亀裂（菱形皮膚）が起こる。これらの変化はそれ自体は有害ではないが、皮膚癌のリスクを高めるので注意が必要である。サファーフインやテニスなど紫外線の強い環境で行われるスポーツでは、紫外線に繰り返し曝露される結果、皮膚の老化が促進される可能性も否定できない。シミは30歳以降のヒトの顔面等に見られる色素沈着であるが、メラニンがシミにも関係しているため、紫外線曝露により悪化する。ソバカスは遺伝性のもので小児期から生じるが、シミと同様に紫外線曝露により悪化する。

(2)紫外線による皮膚癌

太陽光線、特に紫外線がヒトの皮膚癌の主な原因のひとつであることは、各種の疫学調査により報告されている。紫外線が皮膚癌を誘発するメカニズムは現在のところよくわかっていないが、以下に示す事項により、紫外線が皮膚癌の原因のひとつであることは確かである。

(1)皮膚癌が頭部、頸部、腕、手などの衣服に覆われていない部位に頻発する。

(2)皮膚癌発症率は曝露された紫外線量に関係し、太陽に曝される機会が多い戸外労働者に発症率が高い。

(3)皮膚癌発症率は太陽光の強度に関係し、白人においては太陽光の強度が強い赤道地方の者での皮膚癌発症率が高い。

(4)動物を用いた紫外線照射による実験的発癌でも、繰り返し照射により容易に癌を発症しうる。

図5に年間の紫外線量と白人の皮膚癌の発症率との関係を示した(GordonとSilverstone, 1976)。8地方での皮膚癌発症率（対数変換）と年間の紫外線量との間には直線関係が認められている。メラニン色素の多い日本人では白人ほど皮膚癌発症率は高くはないが、日本でも紫外線の強い地方で皮膚癌の発症率が高い(Miyaji, 1976)。また、白人でも日焼けによる色素沈着がでにくい民族に皮膚癌は多発する。日本人においても、日焼けによる色素沈着のできにくい人や色素沈着ができてすぐに消滅してしまう人は注意が必要である。

紫外線の中でもUVBが最も発癌に関与していると言われ、1974年全米科学アカデミーは成層圏のオゾン

図5 8 地域 (1: Queensland, 2: Texas, 3: South Africa, 4: Nevada, 5: Canada (6 Provinces), 6: England (5 Regions), 7: Germany, 8: Scotland)における人口100,000人当たりの皮膚癌発症率と太陽光線中の紫外線量 (Watt·sec/cm²) との関係 (Gordon と Silverstone, 1976)

層と皮膚癌に関する報告書を出している(滝沢, 1983)。オゾン層の厚さが1%減少するとUVB量は2%増加し、皮膚癌は0.5~5% (平均2%) 増加すると推定している。UVCは動物実験により発癌性が確認されているが、オゾン層の存在により地表では自然光によるUVCは存在せず、人工的な紫外線の場合(職業的被曝)のみ発癌性が問題となっている。紫外線量と皮膚癌発症との量反応関係については、現在見直し作業が行われている。

4. 人種と紫外線

1) 最小紅斑量

紫外線に被曝すると紅斑が生じるが、この際肉眼的に辛うじて認められる程度の紅斑を生じさせるために必要な最小照射エネルギーを最小紅斑量 (minimal erythema dose, MED) という。このMEDは個人差、人種差が大きく、各人の光生物学的指標となる。日本人の平均的MEDは、約1.90cal/cm² (7.95J/cm²)であったことが報告されているが(福田ら, 1987)、これは真夏、快晴の伊豆あるいは房総半島の海岸で、正午頃の自然光で約20分間の露光量に相当する。UVAに曝露されても紅斑ができることは少ないが、UVBの作用を強める働きがある。朝夕の自然光に含まれる

UVBの量は少ないが、UVAは終日豊富に存在する。そのため、朝外出してUVAに曝されて皮膚は、日中の強いUVBに曝露されると、UVBにのみ曝露された場合より反応が強くなる。

紅斑の症状は受光量(紫外線の強さと露光時間の積)に比例する。一般に浮腫、疼痛を伴う時は約4 MED、水泡を生じた時は8~10MEDの受光があったと推測される。

2) 人種と肌の色

人類は霊長類から進化してきたと考えられているが、他の霊長類と比較すると、デズモンド・モリスが彼の著書「裸のサル, The Naked Ape」の中で強調した様に体毛が体縮し、痕跡的であることが特徴的である。紫外線への曝露は皮膚癌のリスクを非常に高める。身体が体毛で覆われた動物は紫外線を毛の先で反射、吸収して、皮膚への直接的な影響を避けることができる。一方、毛を持たない人類は肌の色を黒くして皮下組織に紫外線が透過することを防ぐことにより、適応を示した。毛皮を捨て、黒い肌となった人類の祖先は、次第に生活圏を拡大して、熱帯から中緯度地方へと至った。この寒冷な気候には火の使用や衣服を身にまとうことで対処したが、弱い日射は人類に新たな問題をもたらした。骨が成長するためには食物からカルシウムを吸収し、それを骨組織に取り込まなくてはならない。腸でカルシウムを吸収するにも、骨組織に転移するにもビタミンDが不可欠である。ビタミンDは食物からも摂取することはできるが、ヒトの皮膚に紫外線が照射されると皮下にある7-ヒドロコレステロールがビタミンDに変化することにより得ることもできる。黒い肌でビタミンDを生成の効率が悪く、さらにビタミンDを多く含む海藻や卵類を摂取することが難しかった人類の祖先は骨組織の生成不全(くる病や骨軟化症)に苦しめられることになった。弱い日射からビタミンDを形成するために、人類は肌の色を白くすることにより適応した。その結果、日射が強い低緯度地方に残った人類は黒い肌で、日射の弱い中高緯度地方の人類は白い肌となった。この適応は長い年月を要してなされたが、今日、人間の移動が地球的規模で生じ、黒人が高緯度地方に、白人が低緯度地方に住む例も少なくない。彼らの肌の色とその地方の紫外線量がマッチしていない場合には大きな影響を受ける。紫外線に曝露された場合、紅斑と色素沈着が

生じるが、その様子は人種によって相当に異なる。低緯度地方に住む白人では紫外線過剰曝露による障害、特に皮膚癌の多発、高緯度地方に住む黒人では紫外線照射不足による骨軟化症やくる病に苦しめられている。白人では日光に対する照射のされ方（紫外線曝露の避け方）が幼児期に教育されることになり、黒人ではビタミン D が添加された食品や薬品の摂取など特別な配慮が払われている。

3) スキンタイプ

日光照射に対する紅斑形成とその後の色素沈着は、人種差・個人差が大きい。両者の関係が欧米白人について検討され、表 1 に示すスキンタイプの概念が提唱された。更に白人以外についてのスキンタイプが追加されている (Council on Scientific Affairs, 1989)。すなわち、皮膚がある一定量の紫外線照射を受けたときに、紅斑は必ず起こるが色素沈着は起こらない場合を Type I、逆に紅斑は希で、明瞭な色素沈着を残す場合を Type IV とし、Type II, III はその中間の型とした。Type V, VI はその後に追加されたもので、欧米白人以外を想定している。Type V はプエルトリコ人、蒙古人など、Type VI はアフリカ人を示している。Type I には北欧系の白色人種 (ケルト人) が属し、MED はタイプ中最も小さい。ケルト人は少ない紫外線を効果的に利用し、ビタミン D を作るように適応してきた結果、紫外線が少ない高緯度地方では、くる病に対する効果的な防御効果を得た。しかし、ケルト人が北欧の高緯度地方から他地域へ移住すると話は異なってくる。色素沈着が殆ど生じない彼らは、紫外線量が多い低緯度地方では紫外線曝露過多に伴う皮膚癌の恐怖に曝されることになる。この主な原因は色素沈着を欠くことである。やや黒味を帯びた Type IV では、紫外線曝露後、メラノサイトの活性が高まり、メラニンが大量

に作られるのに対して、Type I, II では、メラノサイトの活性が高まらず、更に表皮内で急速に崩壊する。その結果、角層内のメラニンフィルターが形成されない。

日本人は Type III か IV に属する。佐藤 (1989) は日本人についてのスキンタイプを検討し、日本人には少なくとも 3 つのスキンタイプ (Japanese Skin Type; JST) が存在することを示した。ごく一般的な日本人を JST-II とし、これより感受性の高い JST-I、感受性の低い JST-III の 3 群に分けている。JST-I の MED は JST-III の約 70% にすぎないことも示している。紫外線曝露後の色素沈着については、日本人の皮膚は欧米人と比較して優れており、また出現後の持続時間も長い。しかし、同一方法、同一条件で比較された研究データは現在のところ見あたらない。

5. 眼に対する影響

320nm 以下の紫外線は眼の角膜、前房水、水晶体などで吸収される。350nm 以上の紫外線では吸収が悪くなり、硝子体まで到達することがあるが、網膜までは到達しない。そのため、紫外線の眼に対する影響は角膜とその付近の結膜に限られる。皮膚に紅斑を生じさせる 320nm 以下の UVB に曝露された角膜では、角膜炎といわれる角膜細胞の損傷が起きることがある。痛み、視力障害、しゅう明 (まぶしさ)、結膜充血、分泌過多、腫張などが生じる。この紫外線による眼の障害としては、散乱反射が強い積雪地方 (雪面での太陽光の反射は土面の 30 倍以上) で生じる雪盲炎や電気溶接工 (溶接作業) などにみられる電気性眼炎、紫外線殺菌作業などの人工的な紫外線曝露により生じる角膜炎、結膜炎などが挙げられる。

UVA はかなりの部分が水晶体まで到達し、水晶体

表 1 スキンタイプ

Skin type	History of Sunburning or Tanning*
I	Always burns easily, never tans
II	Always burns easily, tans minimally
III	Burns moderately, tans gradually and uniformly (light brown)
IV	Burns minimally, always tans well (moderate brown)
V	Rarely burns, tans profusely (dark brown)
VI	Never burns, deep pigmented (black)

* Based on first 45 to 60 minutes of sun exposure after winter or no sun exposure

にも影響を与える。そのひとつが白内障である。紫外線によりレンズの構成部分の蛋白質が変性し、カルシウム塩となりレンズにたまる。その結果レンズは白濁する。白内障の原因としては種々のものが考えられているが、その発症機序は現在のところ明らかにされていない。しかし、特に老人性白内障の原因のひとつに紫外線が挙げられている。

6. 紫外線の曝露限界

太陽光線による紫外線への曝露限界は、1つには極地地方に住む人の紫外線照射不足に対する下限界であり、他は特に紫外線照射に対する感受性が高い人が紫外線量が多い赤道付近で生活する場合の上限界である。しかし、紫外線照射に対しては個人差（特に人種差）が大きく、また紫外線の波長により影響が異なること、更に短期間と長期間曝露でも影響が異なることなどから、これらの曝露限界を決定することは困難である。一方、人工的な紫外線への曝露については、それが職業的に曝露されることや紫外線の波長が太陽光線とは大きく異なり有害性が高いなどの理由により、許容曝露時間、量が勧告されている。

1) 紫外線不足に対する基準

紫外線が少ない高緯度地方ではくる病の発症率が高いことが知られている。ソビエトでは北緯65°でのくる病発症率は北緯45°での2.5—3倍であることが報告されている（WHO, 1976）。紫外線（照射）不足、日照不足を生じさせないための最低限の紫外線照射量は明確には解っていない。日照量不足は心理的な影響や建築物への影響も考えられ、わが国の建築基準法では住宅の最低日照時間を4時間と定めている。一方、紫外線照射不足解消のための最低照射量については、紅斑を生じさせる閾値の1/8以下で充分であることも報告されている。くる病予防のためには、緯度60°以上を除き、人体の一部が正午頃の日光に約30分間曝露されるだけで充分であるとの報告がある（WHO, 1979）。

わが国では、結核治療のためのサナトリウム等において窓ガラス越しの日光浴が行われてきた。しかし、窓ガラスを通った太陽光は315 (320) nm 以下の波長は遮断され、室内ではUVAが主体となる。ビタミンD形成に関与する紫外線の波長は280—320nmあたりである。窓ガラス越しの日光浴では、ビタミンD形成の効果は乏しい。このため、極地地方では室内での日光

浴によるビタミンD形成のために特別な素材のガラスの使用を推奨している。

2) 紫外線の曝露限界

太陽光線による紫外線曝露量についての基準、標準は存在しない。人工的な紫外線の曝露基準（限界）については、労働現場での紫外線に対するNIOSH（National Institute of Occupational Safety and Health）の許容基準（TLV：Threshold Limit Value）があり、200—400nmの間のスペクトル領域の紫外線のTLVを勧告している（NIOSH, 1975）。このTLVは悪影響（皮膚の紅斑や角膜炎）を受けることなく、繰り返し曝露を受けても差し支えない条件を表している。眼あるいは皮膚に対するこれらの値は、人工的な紫外線（アーク、ガス、蒸気放電、白熱放射源）からの紫外線放射に適用されるもので、太陽光線やレーザに対しては適用されない。またNIOSHは紫外線の曝露時間がコントロールされている職場において、以下の勧告も行っている。

- (1) UVA (320—400nm) では保護されていない皮膚または眼に対する全光輝度は 10^3 秒（約16分）以上の期間 $10\text{W}/\text{m}^2$ を超えてはならない。また 10^3 秒より短い曝露の場合は $10,000\text{J}/\text{m}^2$ を超えてはならない。
- (2) UVB と UVC (200—315nm) では保護されていない皮膚または眼に対する放射被曝は8時間以内で、波長毎に許容曝露量や紫外線の強度別の許容曝露時間が決められている。

7. 紫外線から身を守る

海や山に出かけるのは心身のリフレッシュには大きな効果があるが、海や山での紫外線は都会生活では想像もできないくらい強い。過度の日焼けは皮膚の老化を促進し、皮膚癌のリスクを高めるなどの悪影響がある。

1) 紫外線曝露を避ける

紫外線から身を守るには、第1に日に当たらないことである。1日の総紫外線量のうち約1/3が11時から13時の間に、約1/2が正午の前後3時間に照射される。そのため、昼間、特に紫外線の強い10から14時の間は無用の外出を避け、室内にすることである。窓ガラスはUVBを吸収するので、窓ガラスごしの太陽光線では紅斑を生じるようなことは少ない。

2) 衣服による紫外線防御

外出時には、できるだけ長袖を着用し、太陽光が直接肌に当たらないようにこころがける。首筋は紫外線に曝されやすいので、髪を垂らすと紫外線を遮断できる。同様に、つばの広い帽子、日傘等も効果がある。夏期に男性が着用する白色のシャツの紫外線透過率は約20%である。一方、女性が着用する薄手のシャツの紫外線透過率は部位によっては50%にも達する (WHO, 1975)。最近紫外線防御衣服として、多くの素材が供給されている。そそれは紫外線透過率が2~3%と低い (Kato ら, 1991)。

3) サンスクリーン剤の使用

野外のスポーツやレジャーでは、日焼け止めクリームなどのサンスクリーン剤の使用も効果がある。サンスクリーン剤には SPF 値 (sun protection factor の略; 平均的な日本人の場合、SPF 値が1で真夏に約20分間太陽光を浴びても日焼けしないことを示す) が示されているが、SPF 値が10以上のものが望ましい。ただ、サンスクリーン剤は水や汗で流れ落ちたりするので、過信は禁物であろう。

おわりに

紫外線はビタミン D 生成によるくる病発症の予防効果、紫外線の殺菌作用等の理由から、紫外線の有効性が広く認識されており、日光浴が推奨されてきた。しかし、最近ではその害も認識されてきており、日光浴の有害性も指摘されている。紫外線に対する感受性が高い欧米人では、その関心も一段と大きなものとなっている。米国医師会の専門委員会の報告書では、「日焼けは皮膚の発癌を含むさまざまな障害をもたらす、医学的な有効性は皆無である」ことを警告しており (Council on Scientific Affairs, 1989)、また英国の保健教育担当局 (Health Education Authority) もヨーロッパ対癌計画キャンペーン "Are You Dying to Get a Suntan?" を実施し、紫外線に対する注意を喚起している (Cameron and McGuire, 1990)。しかし、小麦色の肌を求める人は後を絶たないようである。日本人は欧米人ほど紫外線に対する感受性が高くはないが、紫外線の害を最小にするために紫外線曝露を避けることが提唱されている。しかし、健康教育に当たっている保健所などでは、日光浴などについての一般の人に対する指導・助言において混乱もみられる (丹野,

1991)。日光浴に伴う心理的な好ましい影響と紫外線の曝露の悪影響とは区別しておかなければならないと思われる。日光浴の心理的影響は、「のんびり」とした状況や「きれい」な空気に身体を曝すなどの、紫外線曝露とは異なるものから得られている。

文 献

- Cameron, I. H. and McGuire, C., 1990: 'Are you dying to get a suntan? - the pre- and post-campaign survey results. *Health Educ. J.*, 49(4): 166-170.
- Council on Scientific Affairs, 1989: Harmful effects of ultraviolet radiation. *JAMA*, 262(3): 380-384.
- Challoner, A. V. J., Corless, D., Davis, A., Deane, G. H. W., Diffey, B. L., Gupta, S. P. and Magnus, I. A., 1976: Personnel monitoring of exposure to ultraviolet radiation. *Clin. Exp. Dermatol.*, 1: 175-179.
- Davies, A., Deane, G. H. W., Gordon, D., Howell, G. V. and Ledbury, K. L., 1976: A world-wide program for the continuous monitoring of solar UV radiation using poy (phethylene oxide) film, and a consideration of results. *Appl. Polymer Sci.*, 20: 1165-1174.
- 福田實, 長沼雅子, 中嶋啓介, 1987: 本邦における太陽光線の紫外線量, *皮膚科紀要*, 82(5): 551-558.
- Gordon, D. and Silverstone, H., 1976: Worldwide epidemiology of premalignant and malignant cutaneous lesions. In *Cancer of the skin*. W. B. Saunders Co., 405-434.
- 井川正治, 木場本弘治, 高橋弘彦, 新井清一, 1991: 屋外スポーツにおける紫外線被曝量について, *Proceedings of International Conference on Human-Environment System*, 465-468.
- Leach, J. F., McLeod, V. E., Pingstone, A. R., Davis, A. and Deane, G. H. W., 1978: Measurement of the ultraviolet doses received by office workers. *Clin. Exp. Dermatol.*, 3: 77-79.
- 前田博, 1985: 非電離線障害 紫外線, *総合衛生公衆衛生学 改訂第2版*, 1151-1153.
- Miyaji, T., 1976: Skin cancer in Japan. A nationwide 5-year survey, 1956-1960. Giese, A. C. eds.,

- Living with our sun's ultraviolet rays. Plenum Press, 55-70.
- NIOSH, 1975: Ultraviolet transfer standard detectors and evaluation and calibration of NIOSH UV hazard monitor. NIOSH (NIOSH 75-131).
- 大中忠勝, 1990: 紫外線, 人間の許容限界ハンドブック. 関邦博・坂本和義・山崎昌廣編, 朝倉書店, 499-506.
- Pitts, D. G. and Cullen, A. P., 1977: Ocular ultraviolet effects from 300nm to 400nm. A preliminary report. NIOSH, (NIOSH Contact CDC-99-74-12).
- 丹野嵯喜子, 1991: 日光浴は良い? 悪い?. 公衆衛生, 55(8): 519.
- 滝沢行雄, 1983: 成層圏オゾン量の減少に伴う皮膚がんの増加, 科学, 55: 717.
- WHO, 1979: Environmental Health Criteria 14, Ultraviolet Radiation. WHO, Geneva, 1-110.
- 安本正, 1985: 産業医学, 篠原出版, 573-578.
- (1992年12月1日受付)

大 中 忠 勝 〒108 東京都港区白金台4-6-1 国立公衆衛生院生理衛生学部
Tadakatsu OHNAKA Department of Physiological Hygiene, The Institute of Public Health
 4-6-1 Shirokanedai, Minato-ku, Tokyo 108, Japan