医療における照明・光放射利用（皮膚科）†

佐藤 吉昭*

1. はじめに

皮膚科学 dermatology は、記載皮膚科学 Deskriptionsdermatologie といわれるように、皮膚症状の正確な観察と記載の上に成り立っている。すなわち、皮疹の形と色、その分布の的確な把握が診断への第一歩である。診断名も皮疹の形態学的特徴をもとに命名されていることが多いので、視診が最重要視されている。これらの理由から、皮膚科診察室の採光は、臨床各科の中でもとくに深い配慮がなされている。その理想は、自然光により近い分光分布をもつ光源からの均等な間接光をうることであるが、設備費用の面から、どここの施設でも完備というわけにはいかない。そこで小型の携帯用光源として FL 4W-EDL-50K（演色 AAA、色濃度 5000 K の高演色形白色蛍光ランプ）2 本を備えた医療用照明観察器クリニスコープ（エーザイ株）などが普及している。

一方、近年光生物学 photobiology、光医学 Photomedicine の急速な進歩に伴い、皮膚の光老化 photoaging、光発がん photocarcinogenesis、そして各種光線過敏症 photodermatoses が世界的に注目を浴びることになった。これらの病態には、それぞれ固有の作用波長 action spectrum があるので、これらの研究あるいは診断のためには照射用ないし光線テスト用の光源が不可欠である。この目的で、ある場合は既存の各種蛍光ランプ、スライド・プロジェクタ用のハロゲンランプなどの人工光源を利用し、またあるときは新しく開発された照射装置（キセノンランプと monochromator 組み合わせ単色光源、solar simulator など）が用いられている。以下それらについて述べてみよう。

2. 診断用光源、照射実験用光源

光線過敏症¹⁾は、自然太陽光に露光したことにより発症するので、その診断には自然光を用いることがいちばんよいことになる。事実自然光を利用することもあるが、自然

光による検査は、病態によっては危険を伴うことがあるばかりでなく、自然光を任意の場所で任意の時刻に、常に一定の照射率と分光分布で、効率よくすることはできないという弱点がある。そこでどうしても人工光源が必要となる。光医学、光生物学的研究に応用されている各種光源を表 1 に示した。

表 1 人工光源 artificial light sources

1. 熱(温度)放射利用(高温での固体発光)
 - (1) 白熱電球 incandescant lamp
 - (2) カーボンアーク carbon arc lamp
2. 気体中の放電利用(放電管 discharge lamp)
 - (1) キセノンランプ xenon lamp
キセノンランプと単色器
monochromator 組み合わせ単色光源
ソーラーシミュレータ solar simulator
 - (2) 水銀ランプ mercury vapor lamp
低圧水銀ランプ low pressure m.l.
高圧水銀ランプ high pressure m.l.
超高圧水銀ランプ superhigh pressure m.l.
cold quartz lamp 253.7 nm
hot quartz lamp 280~313 nm
(334~579 nm)
メタルハライドランプ metal halide lamp
 - (3) 蛍光ランプ fluorescent lamp

診断用光源の評価は、検査や実験の目的、内容と対比させたときに決まるので、必ずしも高価なものが良いとは限らない。またその特性、性能だけから優劣をつけることもできない。人工光源の理想的条件(表 2)をふまえて選択すると、実際に利用できるものはごく一部にすぎない。現在皮膚科領域で繁用されている光源といえば、もっぱら蛍光ランプで、診断用にも照射実験用(動物実験を含む)にも広く使われている。

表 2 人工光源の理想的条件

1. 必要な波長域を含む連続スペクトル放射	5. 寿命が長い
2. 十分な照射率	6. 高価でない
3. 十分な照射野	7. 操作、保守、管理が簡便
4. 入手が容易	8. 移動できる

2.1 蛍光ランプ (FL)

各種 FL をそろえておけば、紫外部から可視部にかけて各波長域をカバーできるので、これらの中から目的に合った FL を選べば、有力な検査用光源となる(図 1)。われわれは 3 種類の FL を用意しておき、これを患者の照射

† Artificial Light Sources for Dermatological Diagnosis and Treatment

* 東京女子医科大学附属第二病院皮膚科

Yoshiaki Satoh

紹介者 編集委員会委員 河本康太郎

図1 各種蛍光ランプの分光分布（輝線スペクトルを除く）

図2 地上日射と代表的FL、白熱電球との比較

テストに用いている（図2、図1も参照）。

すなわち、UVB域（sunburn spectrum 280～315 nm）用としてFL20S・E（健康線ランプ、sunlamp）を、UVA域（315～400 nm）用としてFL20BLB（ブラックライトランプ、UVBのカットフィルタを併用）を、また可視域（400 nm～）用としてFL20B（青色）、あるいはFL20BW（青白色）を用いて照射テストを行なう。これらのうちのFLで異常反応が出現するかをみれば、作用波長を含む波長域がわかることになる。照射部位は胸または腹部で、照射野は2.5×2.5 cm大、判定は照射直後、24、48、72時間後である。

FL20S・Eはピーク波長がほぼ305 nmにあるので、健康人皮膚でも当然照射量に依存した紅斑反応（sunburn）を惹起する。したがって、あらかじめ多数の健康人男女について最少紅斑量MED（minimal erythema dose）*を検討しておき、その正常範囲と検査結果を比較して異常の有無を決定する。またFL20BLBでは、一般に正常人では30 J/cm²の照射でも紅斑を生ずることはないので、もし紅斑反応がみられた場合は異常である。FL20B、FL20BWについても同様である（表3）。

FLは、周知のごとく製品によって分光エネルギー分布

*ある個人のUVBに対する光生物学指標。照射24時間後にかろうじて識別しうる紅斑反応を惹起するのに必要な最少照射量。段階的漸増照射系列（たとえば20%増）を与えて、24時間後に判定し決定する。参考までに、真夏快晴、正午ごろの伊豆下田海岸で、健康人（平均的日本人）が1 MEDに要する露光時間は約20分である。

表3 光線検査における異常反応(D.G.Owens)

1. 最少紅斑量MEDの低値
2. WGT (Window Glass Test) 陽性**
3. 紅斑以外の反応（湿疹、じん麻疹など）
4. 紅斑経過の延長***
5. 光パッチ・テスト 陽性****

** ガラスはUVBのcut-off filterである。もし窓ガラス越しの光に皮膚が反応したときは、UVAが可視光に反応したことになるので異常である。
*** 健康人の紫外線紅斑反応は照射の翌日がピークで、以後漸減し消失する。
**** 脚注参照（2.2.2）

に多少の差があり、また表示の分光分布以外に若干の線スペクトルを含んでいる。とくに後者によるものは異常反応と誤認する原因になるので、これを除去する適当な紫外透過フィルタ、あるいはシャープカット・フィルタを用いる必要がある。すなわち各自が使用ランプの特性を前もって知っておき、併用すべきフィルタを決めておかなければならない。照射テストの一例を図3に示した。

図3 FLによる照射テストの一例
可視光に対する反応（下列）はないが、MEDの低下（上列）があり、UVAにも異常反応（中列）がみられる。

FLを用いた代表的な医療用紫外線照射装置にデルマレイ Dermaray（エーザイ株）がある（図4）。表裏になった回転式ランプハウスに、片面はFL20S・E-30が7本、その裏面にはFL32S・BLが14本並列におさめられ、約30×30 cm大の均一照射野が得られる。また本装置に専用の照射量計算制御装置デルマコン（Dermacon）を接続し、照射率をインプット後、必要な照射量あるいは照射時間を指示すれば自動的に照射ができる。さらにこれらFLの照射率をチェックするモニターとして、デジタル式紫外線強度計（UV-Radiometer）（同社）があり、いずれも皮膚の光生物学的研究、光線過敏症の診断などに広く使用されている。

FLはこれら人皮膚でのテスト、診断のほか、動物実験にも応用される。すなわち動物皮膚の発がん実験にはFL-S・E（sunlamp）が用いられ、目的に応じた本数のFLをランプハウスに並列におさめるか、あるいは前記デルマレイが利用されている。またひと由来培養細胞の致死感受性、DNAの切除修復能の検査、染色体の検査などには253.7 nmラインが使われるので、殺菌ランプ（germicid-

図4 デルマレイ M-DMR-100 形
左手前はデルマコン (M-DMR-DCN). 介助者が持っているのは紫外線強度計 (UVR-305/365-D) で、305 および 365 nm をピークにした二つの波長域 (270-330 および 310-400 nm) の瞬間強度が直読式に得られる (デジタル液晶表示).

al lamp) (GL 10~15) が用いられる¹⁾.

太陽光線に露光後、露光部皮膚に局限して生じるじん麻疹反応を日光じん麻疹 (solar urticaria)¹⁾という. 多くは1~2時間で痕跡を残さずに自然消失する. 本症の作用波長は、欧米では紫外部にある患者が多いのに対し、本邦患者では不幸にして可視部にあるものが多い. 加えてまだ有効薬剤がないこともあって、患者の精神的苦痛にははかりしれないものがある. 本症患者のうち、作用波長が可視域にある例の検索については、色蛍光ランプと色ガラスフィルタの組み合わせが応用できる²⁾. しかし最近では、可視域にある作用波長の検索にはもっぱらスライド映写用ハロゲンランプと、シャープカット・フィルタの組み合わせが用いられるようになった. 効率がよりよいからである. 症例によっては、単色光源なしに相当の波長域まで絞込むことができる. 日光じん麻疹患者の中には、露光中には反応が現われず、室内にはいつてから発症するものがある. これは抑制波長 (inhibition spectrum) が働いたためと考えられている. 一般に抑制波長は作用波長より長波長側にあるが抑制機序はまだ不明である.

2.2 キセノンランプ

キセノンランプ (以下 Xe ランプ) は、紫外部から近赤外にわたって自然屋光に近似する分光分布をもつので、光医学の研究においても理想的な光源である. しかしながらより高価であり、さらにこれを任意波長の単色光源として、実用に供するためには特別な装置 (分光器、モノクロメータ) を必要とするなどの点で一般的ではないが、ある疾患における光生物学的反応の波長依存性、すなわち作用波長の決定には monochromator との組み合わせ単色光源が不可欠である.

2.2.1 Xe ランプと monochromator 組み合わせ単色光源

図5 はわれわれが開発した小型の皮膚照射用装置³⁾である. また図6 は、わが国でもっとも普及している JAS-

図5 キセノンランプとプリズムモノクロメータ
組み合わせ単色光源の一例

図6 JASCO CRM-FM 型回折格子照射分光器
(日本分光工業(株)提供)

CO CRM-FM 型回折格子照射分光器 (日本分光工業(株)) である.

これらの装置はいわゆる high intensity であり、たとえば 290 nm 単色光を健康な日本人皮膚に照射した場合、1 MED に要する照射時間は数秒である. 同じ反応効果を自然光で得ようとする、前述の条件下 (脚注参照) で約 20 分かかる. 両者とも全く同じ反応をみているとして、その間には照射時間に 300 倍以上の差がある. 紫外線紅斑反応には相反則が成立するという暗黙の了解は正しいだろうか. かつてわれわれは前記単色光源の出射窓に、透過率 1% の neutral filter を装着し、255 および 290 nm 単色光による紅斑反応について検討した. その結果、光の強さが 1:100 のとき 290 nm では相反則が成立するのに対し、255 nm では成立しないという成績を得た⁴⁾⁵⁾. その他の波長についても、またさらに照射条件を変えて検討しておくことが必要であろう.

なおわが国では、岡崎国立共同研究機構基礎生物学研究所に世界最大、かつ最高性能の分光照射設備 (大型スペクトログラフ⁶⁾) がある. これは 30 kW の Xe ランプを光源とし、大型平面回折格子 (90×90 cm, 1,200 本/mm, ブレーズ波長は 250 nm と 500 nm とに切り替わるダブルブレーズ) を用いた分光照射装置で、250~1,000 nm 波長域の単色光が配列したスペクトルを、長さ 10 m の焦点曲面に投射する. 共同利用のもと、1981 年以来生体の光受容系の解析実験、研究に威力を発揮し、多くの貴重な成果を

あげている。

2.2.2 ソーラ・シミュレータ (solar simulator)(SS)

SS は、太陽光線の紫外放射と近似の連続スペクトルを得ることができるので、現在最も理想的な光源とされている。各種照射テストだけでなく、光パッチ・テスト (photopatch test)*、サンスクリーン剤の光防御効果判定などを含めて、その応用範囲は広い。Berger⁷⁾が初めて報告した SS は、150 W の Xe ランプを光源とし、コリメータで平行光となった光は、2 色性ミラーで熱が処理され、反射光はフィルタ (Schott WG series) を経て焦点を結ぶ。直径 1 cm の照射野で得られる光の強さは、昼光に含まれる UV 量の約 10 倍である (Solar Light Co., U. S. A.) (図 7)。コンパクト、かつ使用法が簡単という利点もあり、欧米では繁用されていて、各国に類似の装置も多い (Oriental Scientific Ltd., U. K. など)。

図 7 ソーラ・シミュレータ (D.S. Berger) の分光エネルギー分布

国内にも同名の装置があるが、開発目的が異なっているため強い熱線を含み皮膚照射用には適さない。今後標準化されれば人工光源の主力となると思われるが、国内でも一日も早く開発、実用化の日を迎えられるよう望みたい。

2.3 その他

以上皮膚科領域で診断用、あるいは照射実験用に応用されている各種光源につき述べたが、表 1 の中で残された光源については、その出力、効率、管理などの面で利用されているものはほとんどない。ただ特殊な例として、メタルハライドランプ (たとえば M700G-D) が 400~420 nm に強い放射を有することから、この波長域に作用波長がある疾患 (ポルフィリン症 porphyria**) の実験、研究にこのランプが応用されている程度にすぎない。

* 光アレルギー性皮膚炎の診断法の一つ。ワセリンに疑わしき物質をまぜて、その 1 対を 1~2 日皮膚に貼布後除去し、片側にだけ光 (UVA) を照射する。その 1~2 日後、照射部だけに反応 (紅斑、丘疹など) がみられれば、その物質が光アレルギー反応の原因である。もし対照の非照射部に反応がみられたときは、その物質による単なるかぶれである。

** ポルフィリンの代謝異常により皮膚に大量のポルフィリン体が蓄積し、その最大吸収波長である 400 nm 付近の光にばく露すると光線過敏症状が出現する。詳細は文献(1)参照。

3. 治療用光源

光線療法、とくに UV 療法は皮膚結核を carbon arc で治療した N. C. Finsen (1860~1904) の業績 (1903 年ノーベル賞受賞) に端を発し、以後抗生物質が開発されるまで広く応用されてきた。しかし UV 療法は、当時その作用機序が必ずしも明確でなかったことからしだいに衰退したが、1970 年ごろよりソラレン光化学療法 (psoralen photochemotherapy)(PUVA 療法)として、一躍脚光を浴びることとなった。またこの光化学療法の研究の進歩と相俟って、薬剤を用いない単純な UV 照射療法の作用効果も改めて研究対象となってきている。

これらの光線療法に用いられる光源は、診断用と同じく UVB、UVA および可視域に放射ピークをもつ FL が主力である。

3.1 PUVA 療法 (以下 PUVA)

光化学療法とは、薬剤 (光増感剤) と光の相互作用を利用した治療法で、PUVA という略語は薬剤ソラレン (psoralen) の P と、照射に用いる光 UVA とをつけたものであり、J. A. Parrish ら (1974) の命名による。ソラレンは、自然界ではせり科 (バセリ、セロリ、ポウフウなど)、みかん科、まめ科、くわ科 (いちじく) などの植物に含まれている。医療用には 8-methoxypsoralen (8-MOP)、または 4, 5', 8-trimethylpsoralen が用いられ、これらを内服あるいは局所皮膚へ外用し、その 2 時間または 30 分後に UVA を照射する。白斑 (白なまず)、乾せん、腫瘍 (菌状息肉症)、ときにはアトピー性皮膚炎 (成人例) など、難治性疾患の治療に用いられている。

8-MOP を塗布した皮膚は、UVA (とくに 320~370 nm の波長域) の照射を受けると強い紅斑反応を惹起するので、これを指標に照射量をコントロールする。したがって光源は FL-BLB が最適となる。狭い照射野でよければ前述のデルマレイでもよいが、全身照射が必要な場合は専用

図 8 デルマレイ M-DMR-AL 形
アルミ反射板のついた逆 L 字形鉄製ランプハウスに、FL 20S・BLB/DMR が 72 本 (天井と側面に各 36 本) 密に配列している。有効照射野は 55×176 cm

の装置を使用する。この全身照射用装置は各国でそれぞれ開発されており、大型パネル式の unit, cabinet として長さ 180 cm 余の FL 数十本を並べ、患者がその中央に立つタイプもある。わが国ではデルマレイ M-DMR-AL 形（以下いずれもエーザイ(株)）が一般的である（図 8）。そのほか特殊なタイプとして、頭部用の箱形照射装置 M-DMR-HD 形（FL 15S・BL を 4 面に計 28 本）、両手足用の M-DMR-B 形（手足ともそれぞれ FL 20S・BL, FL 15S・BL の組み合わせで、手部 10 本、足部 14 本からなる）がある。

PUVA は上記疾患に有効であるが、その作用機序はまだ十分に解明されておらず、今なお研究が続けられている。最近では DNA の合成阻害以外に、免疫反応に対しても抑制的に働くことがわかってきた。長期 PUVA の副作用（発がん、白内障など）が注目される反面、これらの作用から適応が拡大される可能性もでてきたといえよう。

より古典的な光化学療法に、タールを外用後 UVB+UVA を照射する Goeckerman 療法があり、現在でも乾せんの治療に用いられている。

3.2 新生児黄だんの光線療法

新生児黄だんの中にはその程度が強いために、不可逆的中枢神経障害から死に至るものがある。その予防のために約 20 年来広く光線療法が行なわれている。本法は血中の間接型ビリルビンを光エネルギーにより、水溶性の光酸化物として排せつさせるものである。ビリルビンの特異的極大吸収が 420~470 nm にあるので、光源は blue ないし daylight タイプ FL（5~10 本）が使われる。すなわち裸の患児を保育器に入れ、上方 40~45 cm の距離から照射するのが一般的である。本法によって患児の死亡率は減少したが、実施にあたっては十分な注意と多くの検査が必須条件として提示されている。

3.3 その他

その他の光源としては、熱作用を利用する赤外線療法用として、長年にわたって使われてきた Sollux lamp がある。しかしながら薬物療法の著しい進歩によって、近年ほとんど活用されることはなくなったのが現状である。

4. おわりに

皮膚科学は、今や光医学、光生物学さらには光化学を避けては通れなくなった。その診療、研究、教育、どれ一つをとっても光医学は不可欠な話題を提供している。飛躍的進歩を遂げている照明・光放射に関する技術の皮膚科学への導入は今後ますます増大して、医療の向上につながっていくことを期待したい。

文 献

- (1) 佐藤吉昭編：光線過敏症。金原出版（昭 58）
- (2) 入交、佐藤、大川原、船橋：日光蕁麻疹の 3 例——色蛍光ランプによるテスト、臨床皮膚科 30-12（昭 51）947~953
- (3) 佐藤吉昭：紫外線の生体への効果・皮膚、照学誌 57-4（昭 48）222~228
- (4) 佐藤、入交、大川原、御藤：紫外線紅斑と相反則、日皮会誌 88-4（昭 53）289~292
- (5) Kobayashi, M.: Law of Reciprocity in UV Erythema and Cell Killing, J. Dermatol. (Tokyo) 11-1 (1984) 25~29
- (6) Watanabe, M., Furuya, M., Miyoshi, Y., Inoue, Y., Iwahashi, I. and Matsumoto, K.: Design and Performance of the Okazaki Large Spectrograph for Photobiological Research, Photochem. Photobiol. 36-4 (1982) 491~498
- (7) Berger, D.S.: Specification and Design of Solar Ultraviolet Simulators, J. Invest. Dermatol. 53-3 (1969) 192~199
(受付 1988 年 7 月 12 日)