

光と生物

藤浪剛一 (1943)

目次

第一章 緒言

第二章 光の作用及びその一般的性質

光の定義

光学

見えない光

熱線

紫外線

光線の吸收

スペクトルムの分解

日光のスペクトルム

葉緑素と血色素

水, 硝子, 石英

雰囲気

光源

加工光源

単色光

光の強さ狭義の意味の光

化学作用

螢光

熒光

発光石

第三章 植物に及ぼす光の作用

葉緑素の生成

葉緑素形成の病的障礙

葉緑素の作用

同化

光の強さ

葉緑素の光の吸収

植物の生長

開花

光の運動刺戟

日光感応或いは向日性

偏光性運動

転位性運動

緑色なき植物

第四章 細菌に及ぼす光の作用

光の細菌作用

ドーネス及びプラントの実験

ブラネルの実験

集合光

フィンゼンの実験

化学線の要義

紫外線

フィンゼンの石英集光装置

太陽の光の集合

ヘルテル等の実験

種々の光源

温度

寿命

感光の差別

結核菌

芽胞

ワクチン

醸母と絲状菌

光の間接的及び直接的作用

過酸化水素

酸素の補助的影響

毒素

光の衛生に及ぼす影響

河川の清浄

海水の芽胞含有に就て

細菌の新陳代謝産出物

第五章 細菌及び他の微生物に及ぼす光の刺戟

運動刺戟

エンゲルマンの説明

珪藻類

ゾウリムシ

緑色エウグレナ (一名ミドリムシ)

紫色バクテリア

光測バクテリア

アメーバ

腐敗アメーバ

病的作用

色素を生ずる細菌

色の適応

光力的現象

過敏性

第六章 高等動物に及ぼす光の作用

皮膚の光学的感覺

みみず
蚯蚓

動物の向日性

光の運動刺戟

蠅

蛙の卵

山椒魚

おたまじやくし
鮋

斗

発光動物

刺戟としての光

[動物の成長](#)

[色素](#)

[変色](#)

[カメレオン](#)

[蕎麦中毒](#)

[第七章 人体皮膚に及ぼす光の作用](#)

[日焦け及び雪焦け](#)

[光疹](#)

[光に慣るゝ事](#)

[極地探家の経験](#)

[電気の光による皮膚の炎症](#)

[実験的研究](#)

[皮膚の生理作用](#)

[皮膚の発赤](#)

[色素沈着](#)

[角層色素](#)

[表皮の溷濁](#)

[毛髪](#)

[深部に働く作用](#)

[紫外線](#)

[衣服](#)

[熱射病](#)

[第八章 光に曝されたる組織の変化](#)

[第九章 光と皮膚病](#)

[光炎](#)

[特異質](#)

[身体の保護](#)

[夏日水疱](#)

[色素性乾皮症](#)

[醜い容貌](#)

[ペラグラ](#)

[痘瘡](#)

[赤色光線療法](#)

[フィンゼンの光線療法](#)

[第一〇章 光が血液及び新陳代謝に及ぼせる影響](#)

[光の調節](#)

[光の酸化促進作用](#)

[新陳代謝](#)

[血液の発光作用](#)

[第一章 光と神経](#)

[有色光線を使った実験](#)

[青い光](#)

[赤い光](#)

[色の五感的道德的作用](#)

[跋\(医学博士 林齋\)](#)

[第一章 緒言](#)

最近の光線の研究は、ただ単に医学者と科学者との世界だけではなく、一般社会でも遍くこの偉大な自然力に対して、多くの興味を喚起したのである。事実、光線はその利用法の如何によっては、人類に大きな幸福を齎すと同時に、また恐るべき害悪をも及ぼすものであって、人類と有機界に与えるその影響は、蓋し非常に大きなものといわねばならない。

しかもその力が余りに普遍的で、余りにも不断的である為に、光の現象や影響も日常の平凡事として、敗えてその根本に遡ってまで、探究しようとするものがなかったのである。宇宙を流れているこの光波こそ、実際に人体と生物を日常不斷に遍照して、「生」の活力を賦興し、万物の生命を永遠ならしむるものである。それ故に光を讃美するには、これを偉大な詩人の天才と画家の精力とによらなければならないが、光の動物界、植物界に及ぼす影響については、夙に科学者の精密な研究に俟たねばならることはいうまでもない。しかしながらそれが今日に至るまで、科学的知識の対象から看過されていたことは真に奇怪といわねばならない。そして光が生物の生活と健康とに、多くの影響と大きな意義とをもっていることに留意したものは、フィンゼン以前にも沢山あったが、これを科学的に證明したのはこのフィンゼンを以て嚆矢とするのである。フィンゼンはデンマークの学者であって、明快な理論的考察と豊饒な実地の経験とに基いて、なおその上にシャルコー、ウイドマルク、ハンメル、ウンナ等の研究をも滲酌して、「日光こそ悩める人類の治療に有益なものであるから、これをを利用して一層の効力を実現せしめねばならない」と確信したのである。そうして彼はその生活体に必要な理を明かにして、その応用に於いて治療に有効なことを説き、進んでこれを広く一般に適用しようとして努力した。

彼は更に動物と植物とに及ぼす日光の作用が、どんなものであるかということを明かにして、未耕の地に新たな科学的開拓を試みたものである。当時、彼は重病に患わされていた拠にも拘わらず、堅忍不拔な彼の研究心はこれが為に少しも阻止せられることなく、病躯を叱して研究を続けた。そうして打建てられた幾多の業績は後代にまで恩恵を布いて、蒼穹に磅礴しているこの日光の温いエネルギーは、病者を救う偉力であることを明かにされるようになったのである。

光が健康体や病弱体に及ぼす作用を説く者は、栄誉あるフィンゼンの名を引用することを、決して忘れてはならないのである。實に光線生物学の研究史上、フィンゼンの偉業は、千古に垂れて極光のように燐として輝いているのである。彼の学術が我国へも移植された

のはまた当然のことではあるまい。

フィンゼン (Finsen) は、名を Nils Ryberg といって、デンマークの医者である (図 1)。西暦一八六〇 (我が万延元) 年二月一五日、Färöer 島の小市 Thorshavn に生まれた。両親はともにアイスランドの出身だったので、小学教育は親の故郷 Reykjavik で受けた。北国特有の昼夜の差別甚しい天象は、幼いこのフィンゼンの心に強い印象を与え、将来彼が光源治療法の大家となるべき因子は早くも植えつけられたのであった。

一八九〇年デンマークのコペンハーゲン大学を卒えて医学士となり、すぐに同大学の解剖学教室に三年間の研究生生活を送ったが、年来胸に潜められていた光への切なる憧憬は、一切の繋りを断つて、念願する光学研究に一意没頭するようになった。そして早くも一八八六 (明治九) 年、土地の富豪ハーゲマンとコルゲンゼン二人の後援と政府の保護とによって、光源治療所を設立することになって、自分はその所長に就任し、着々この方面的仕事を完成するに至ったのである。

この研究所一日二〇〇人の外来患者を治療する傍ら、光学の医学方面に関する研究を行う機関を具備したものである。一八八九年彼は初めて化学線を除いた光による天然痘の治療成績を発表してから、斯学の権威者として推しも推されもせぬ医学学者となった。一八九八年同大学の正教授に推され、一九〇三 (明治三六) 年には、もうノーベル賞受賞者の一人となった。フィンゼンはこの賞金一〇万クラウンを悉く同所の研究費に投じた。

フィンゼンは生来蒲柳の質で青年の頃から病勝ちであったが、志気は愈々旺んで精力は益々溢れ、能く病

気を克服して専門の光線治療学の開発に精進し、多数の業績を次から次へと装表し、斯学の進歩に偉大な貢献と足跡を残したが、一九〇四年九月二四日、この異才の学匠も四五歳の若さで惜しくも眼を閉じたのである。門人レイがよくその遺業を継いで、デンマークに輝しい時代を保っていた。



図 1. フィンゼン (デンマーク人, 1860-1904)

第二章 光の作用とその一般的性質

光が作用するときの性状を科学的に研究するに当って興味のあることは、人体の或特殊の疾患が、光によって良好な結果を得るということである。生物に対する光学の知識さえ十分に得ることが出来れば、光の治療上の価値やその応用に関しては、容易に理解することが出来る。それで説明の順序として、先ず人類と光線との関係を明かにして、その上で生物界と光線との交渉を詳かにしたいと思う。光線療法は決して非科学的な「幻想」ではなくて、全く生理的及び生物学的に、立派にその根柢をもっているものであるからである。

光の定義

哲学者は光を定義して、「光は物体を識別する原因である」といっている。けれども生物学の見地からすれば、「光とは発光体から出るすべての放線の全エネルギーであるといわなければならない。吾々を囲繞している光の力は、自然のありのままの力であると思っている者もあるかも知れないが、実は自然としてそれは太陽の放線のエネルギーに過ぎないのである。

光学

吾々は光によって物体を認識する。つまり、吾々の眼は光の反射した物体を見ることが出来るのである。光の視覚器官に働く作用は、早くから知られていたが、光学とはこの光の物理的性質、光と視覚とに於ける法則とか、光の吸収とか、反射とか、偏光、屈折などを攻究したり、また光を分解して色を説明する学問である。

今、日光を適当にプリズマの上に投じて、これを白壁の上に投影させると、光はプリズマの為に屈折せられて、七色の色帯を現出するものである。この日光の分色景は虹の色と同じように、赤、橙、黄、緑、淡青、濃青、紫の順次で配列される。そしてその屈折率は赤の部分に最も低くて、紫の部分に最も高いのである。プリズマを通過する日光は唯一つの白色的印象ではあるが、その実、無数の各色を含んだ細微な放線の集合したものである。

しかしこれ等の箇々の色は自然には現れない。所謂「光」とは、要するにこのそれぞれの屈折角度の違った放線の集合したものに過ぎないのである。

日光はプリズマによって、その組織している色合いに分解せられるが、赤から紫へと行くに従って、屈折の度も互に違つてだんだんと大きくなつて行くので、各色は別々にあのような美しい七彩となって壁上に投影されるのである。そしてこの色が相寄り集つて吾々の眼に映じて来るとときはあの日光のように白色となるの

である。

光学の教うるところによれば、「光とは電磁波動である」という。そして光の波動は實に極小なものであつて、その波長は各々その色合いによって相異している。太陽の光のスペクトルムの一端に現れた赤色は一粂の長さに一三一五回、また紫色では二五四二回の波動を伝えている。

そして光の速度は真空のところでも大気中に於いても、すべて同一の速度であつて、一秒間に約三〇万粂であるとされている。従つて光の一秒钟の運動、即ち振動数が赤色は紫線よりも少ないわけである。

換言すれば、異った各々の光の色の振動数は皆別々であつて、各光線の波長に比例しているのである。

即ち赤色は一秒間に

$$1315 \text{ 回} \times 300,000 \text{ km} (= 30,000,000,000 \text{ mm}) =$$

394.5 兆回の振動をすることになり、紫色は

$$2542 \text{ 回} \times 300,000 \text{ km} (= 30,000,000,000 \text{ mm}) =$$

762.6 兆回の振動である。これを逆にいいかえると、三九五兆の振動するものは吾々の眼には赤色の印象を与える、七六三兆の振動数では紫色の間隔を起させるのである。吾々の聴覚が音の振動の大小に従つて、音の高低を区別するように、視覚に於いても光の振動の多少、つまり振動数の大小によって各色を区別することが出来るのである。振動数即ち光線の振動時間は、プリズマによって屈折された「度」に相当して、その屈折では振動数が少なければ振動時間は長いのである。波長が大きく振動数の少い赤色光線は、波長が小さく振動数の多い紫色光線よりもプリズマの屈折の度が小さいのである。

見えない光(不可視光線)

上に述べた振動数の関係を比較考量すると、赤色と紫色との間に介在している光の他に、日光分光景の中には、なおこの他に放線がある筈である。

實際、色帯の両端にはいろいろと他の放線が存在していて、紫の外側には七六三兆よりも大きな振動数をもつてゐる放線があるが、吾々の肉眼には振動数に対する感覚に制限があって、或一定の振動数に於いてのみ光として印象されるものであるから、二九五兆よりも少ない振動や、七六三兆よりも大きな振動は、吾々の網膜に作用する刺戟となり得ないのである。つまり視神経が或波長の電磁波動を感じて、色彩を感覚し得られるものであるが、赤色と紫色との各外部にあるものの波動は、感覚出来ないが為に視ることが出来ない光として残されるわけである(図2,3)。

以上のことを総括的に繰返していえば、スペクトルム

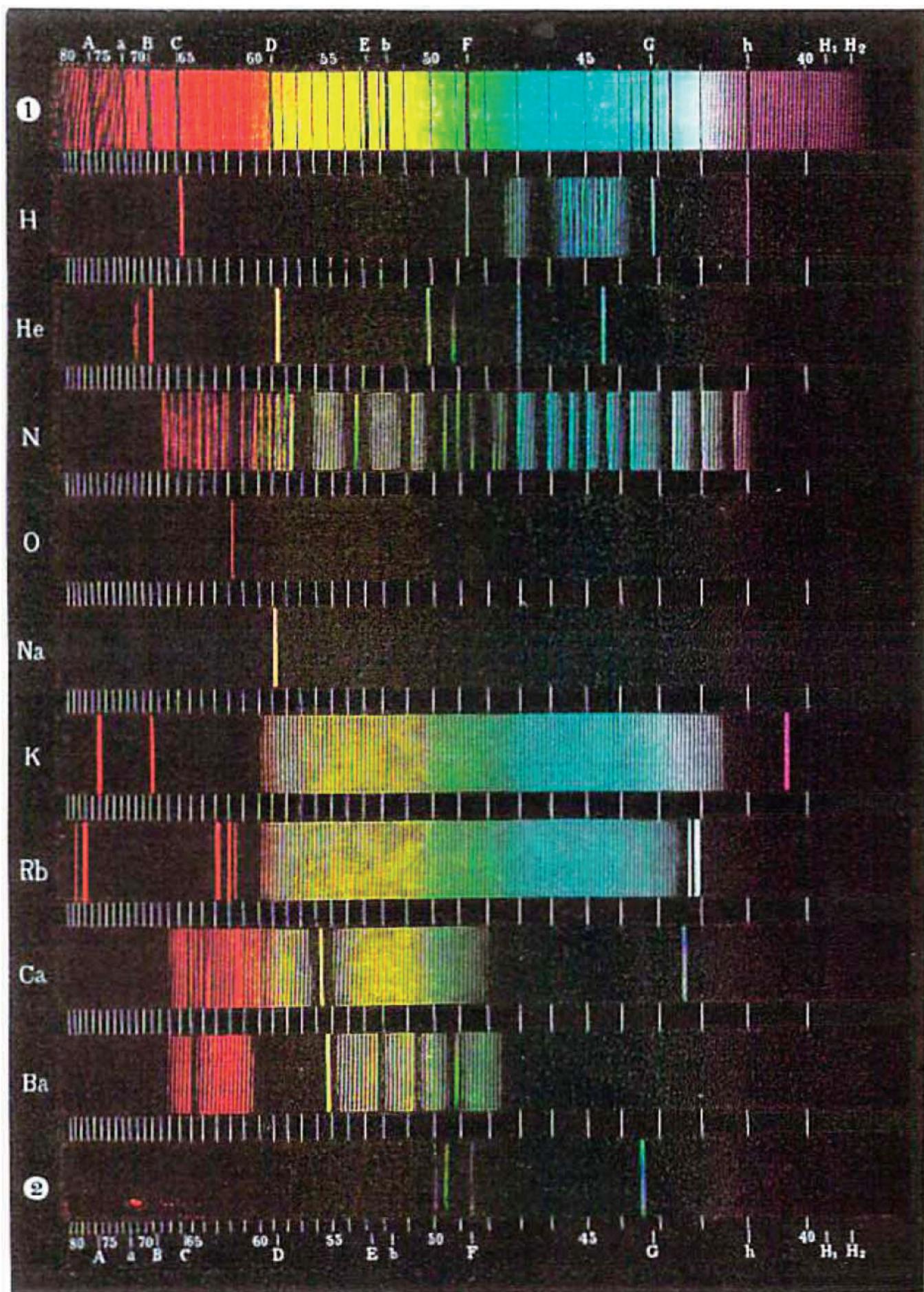
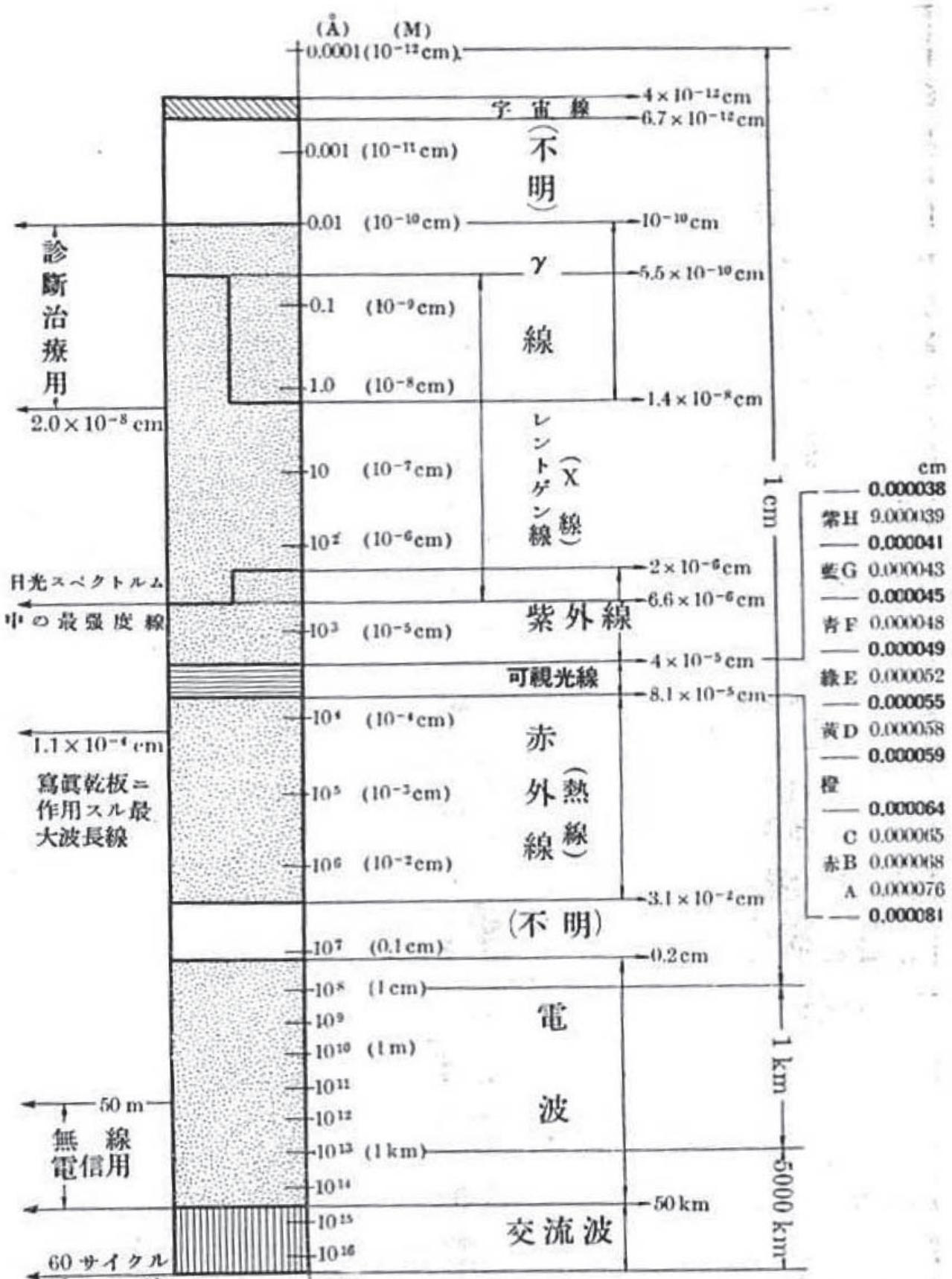


図2. 日光①と星雲②と数種の輝線スペクトルム



(M) はメートル法
(Å) は Angström unit [$1 \text{ Å} = (10^{-8}) \text{ cm}$ に相當する]

図 3. 電磁波・交流波の波長一覧表

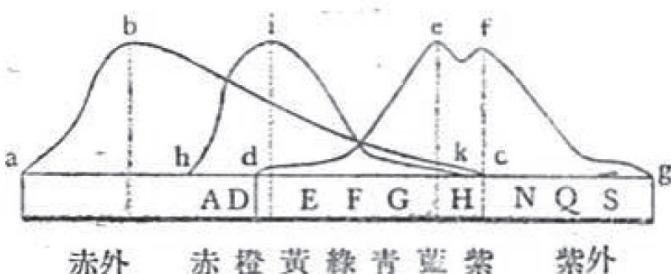


図4. 光のスペクトルム. 温熱部, 明輝部, 化学部.

に現れたそれぞれの色の部は、温熱部と明輝部と化学部とに大別することが出来る。但しその境界は、互に喰い違つて現れているものである。上図に見るように、各部の曲線を構成している abc は温熱部であつて、 hik は明輝部で、 defg は化学部となっている(図4)。それであるから、例えば温熱部にあっても他の二部を多かれ少なかれ含んでいることになる。

この化学部の曲線は、生物学的作用に限つたものではなく、塩化銀にも働く作用のあるものである。温熱曲線の最高点 b は赤より左にあって、赤外線の範囲に最大値を示している。しかし太陽のスペクトルムに於いては、温熱作用は可視赤線に多いといわれているから、従つて温熱の絶頂は太陽の高さとともに移動するものであつて吾々の眼に対しては、明輝の強大を誘発する付近の線に近い所である。網膜に光の作用を強く覚えさすものは黄色である。また化学部の曲線ではフランホーフェル線の H の前後に最大値を示すことである。実際、太陽はこの三つのもの的作用を現すが、その特徴を現すもの内にも、他のスペクトルムの性質のものが、含まれていることをも忘れてはならない。

熱線

不可視光線である赤外線や紫外線も或適當な方法を講ずるときは、これをよく識別することが出来る。ヘルシェルは一八〇〇年に、日光のスペクトルムに媒を塗つたり、検温器を当てて実験したところが、スペクトルムの種々な部位によって、それぞれ温度の異っていることを観察した。光の熱はスペクトルムの紫より赤へと行くに従つて、益々増加し、赤線の外部では赤色部よりも一層温度の高いことを知るようになった。今、この微細な熱線を證明するには、ラングレーの光力計即ち微熱検測器または放熱計を用うことになっている。これは摂氏一度の百万分の温熱の差でも、指示することの出来るほど緻密な計器である。ヘルシェルの実験によると、すべての放線はなるほど測熱器には作用するとはいうものの、スペクトルムの青、緑、黄の部分はその熱の働きは僅少であつて、これに反して赤の部と赤外線の部では、熱の働きは頗る強いものである。このような温熱的作用から見て、赤及び赤外線を

総称して熱線と呼ぶのである。

紫外線

認識スペクトルムの他端には、或化学的物質に変化を及ぼすところの化学的な効力をもつた光線がある。今スペクトルムの青、紫色部の上に塩化銀紙の一片を置くと、その色の上だけではなくて、その域外でも紙片の著しく黒変することが解る。また日光を石油の上に落してスペクトルムの現象を起さすときは、石油は外觀上何の変りもないようと思われるが、紫の部に於いては青色の微光を放つようになる。これは紫線の作用によって、発光即ち蛍光したものである、この蛍光は認識スペクトルムの紫色の端から、遠ざかるに従つてだんだん強い光を放つもので、その長さはすべての認識スペクトルムの長さと同じである。であるから紫線の外側では、吾々が色として認識した光よりも、一層強くプリズマに屈折する太賜の光の放線のあることを知ることが出来るのである。このように紫線の外方にあって強く屈折された放線を紫外線といつてはいる。

紫外線は肉眼で見ることは困難であるが、或化学的作用によってこれを認識することが出来る。すべて光熱の働きを測熱器で計つてみると、それは極めて微弱なものである。殊にそれが黄、藍、紫の線になると更に甚だしい。しかしながら、藍や紫の放線が塩化銀紙や石油に或作用を起したと同じように、この紫外線も亦特殊な化学物質に対しては、驚くべき作用をする力をもつてゐる。緑、藍及び赤線も、或適當の物体を与えると、また化学作用を促すことが出来るものである。この意味に於いて、すべての認識放線は化学力をもつてゐるわけであるが、ただ藍、紫及び紫外線は、他の放線に較べてその化学作用が甚だ強大である。この強大な放線、つまり藍、紫及び紫外線を名づけて特に化学線と総称しているのである。

肉眼で認めることの出来ない放線の量というものは、非常に多いのである。その量や太陽スペクトルムの全長を、計ろうと思えば、既知の各放線の波長と比較することが、最もよい方法である。肉眼で見ることの出来る認識スペクトルムは、一粋の六億六七〇〇万分の一から、四億〇二〇〇万分の一までの波長をもつた放線である。即ち赤線は前者の波長に、また紫線の最外層は後者の波長に該当するものである。肉眼で認められない紫外線は、日光スペクトルムでは、約八一〇〇万分の一粋の波長で、赤外線の長さは認識スペクトルムの長さの数に達している。紫外線のスペクトルムの長さは、認識スペクトルムの長さと同じでその間には四億一二〇〇万分の一粋から、二億五〇〇〇万分の一粋までの波長の放線が存在しているのである。

紫外線の最外端を尋ねると、或所に於いて波長は細微となって、電磁振動の特性を現して來るのである。即ちレントゲン線がこれである。

このレントゲン線の発生は、殆ど光の速度に等しい陰極線の電子運動が、硝子壁によって突然遮断せられて発生するもので、陰極子の衝突の為、エーテル内に起る一種の電磁波動と考えられるものである。そしてまた、このレントゲン線に類している放射線を発生する高原子量の元素は、ラジウムであるということをキュリー夫妻によって発見せられた。このラジウムから出る放射線には、三つの種類があって、 α , β , γ 線といつてゐる。その中で生物学上に必要で、レントゲン線に一番近いものは γ 線である。これは最も透過力に富んでいて、三〇粩の鉄板をも貫通する性質をもつてゐる。そして医学上、癌腫などの悪性腫瘍の治療に主として用いられているのはこの γ 線である。

吾々がこれ等赤外線及び紫外線を識別出来ないのは、眼がそれの識別に適うように構造されていないからである。前述のように、一秒間に四〇〇兆以下の振動と、七〇〇兆以上の振動とを持ったものは、眼の網膜に達してこれを刺戟して、光の感覚を起させる作用をすることが不可能である。これはその放線が眼球の角膜や、硝子体や水晶体に殆ど吸収されてしまって、網膜にまで達しないからである（図5）。

光線の吸收

各屈折、波長、振動にも異同があって、検熱器や化学的物質に対する効果にも相違のある放線は、その吸収に於いても同じではなく、その作用も異つているものである。光学の原則によると、放線の作用は吸収せられた能力に正比例して、吸収せられた光線のみが作用

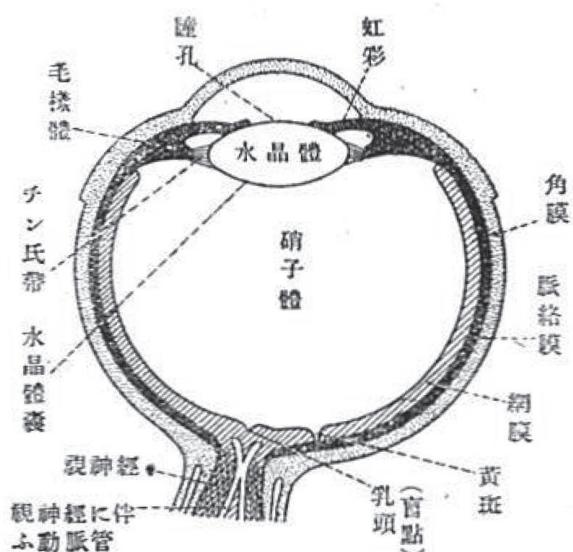


図5. 眼球横断の模型図

を現すものである。すべて光の物理的及び生物学的現象は、この法則によってよく説明することが出来るのである。日光の認識放線が、吾々の眼の角膜、結晶体及び硝子体を通過して、眼底の網膜上に達すると、網膜の細胞に吸収せられて、そこに初めて特殊の作用を起すものであるが、吾々はこの吸収と作用の結果として光を感じし、物体を認識することが出来るのである。

眼球には光線を悉く吸収する能力はあるが、それは悉く一様ではなくて、甲は自身に適當な光線だけを吸収し、乙はやはり自分だけに相当して光線を結合するのである。換言すると、化学線は或化学物質に吸収せられて、その化学作用を現すけれども、熱線の方はこの化学物質には僅かに吸収せらるるか、または吸収されない為に、その作用も僅か現るるか、或いは全然現れないものである。眼に見えない所謂不可視光線とは、眼底に到達するまでに、早くも中間体に吸収せられて、網膜に作用せずに抹殺される光線をいうのである。すべて放線が或作用を現すには、これを吸収する物体がなければならぬのである。そこでこの吸収という物理的現象を理解し易くする為に、ここに一つの実験を引例しよう。

前に述べたように、日光がプリスマを通過して白壁の上に放射すると、七彩のスペクトルムを現すが、今若し日光とプリスマとの間に、赤い硝子板を置くときには、壁の上には唯赤色のみが現れて、他の色は拭い去られたように消失してしまう。これは赤色の硝子板では、太陽の白光から唯赤い光ばかりを通過させて、他の光を悉く吸収するからである。これを同様に、緑色の硝子板を赤色硝子板に換えて実験しても、やはり唯緑色の層だけを見ることである。その他、青色を用うるときはただ青色の條のみが現れるなど、これみな硝子板自身の色以外の他の放線を、悉くその着色硝子板に吸収してしまうからである。今度は白壁の代りに赤色紙を用いると、その上に現れるスペクトルムは赤色ばかりであって、黄色紙のときには黄色、青色紙のときには青色のみを生じて、他の光の色を見ることが出来ないのである。このように着色硝子板をプリスマの前に置いたときと、有色紙を用いたスペクトルムとの二つの実験に於いて、同一の結果を知ることが出来た。即ち、日光に照された色紙は、吾々にそれ自身、特有の色（赤なれば赤）のみの印象を与えて、白色光に含有されている他の色を悉く吸収するのである。いいかえれば、つまり固有の色（赤なれば赤）の放線だけが反射されて、吾々の視覚器官を刺戟するのである。また、有色硝子板の実験によって知られたように、すべて物体から反射する放線も物体自らを通過した放線も、ともに吾々の眼に色の感覚を喚び起すものである。

普通の無色の硝子が透明に見えるのは、すべての放線を悉く通過さす為であって、表面粗造な物体は、投射放線を悉く反射するから白色の印象を与えるのである。黒色に見える物体は、スペクトルムの色の全部を吸収するからである。このように眼に映つる色の感覚とは、要するに輝く光のスペクトルムに包含されている色が、物体の放線吸収性に結び合わされた関係の消長に過ぎないのである。それで物体は光源中に潜在している色だけを示すものであって、赤色硝子が赤く見えるというのは、その硝子を通過して来る光、または反射する光に、赤色光線を潜在的に含有していることを物語るものなのである。今試みに赤色紙を黄色放線ばかりの光の中に照明すると、黄色放線は赤の為に吸収されて、ちょうど赤色紙上にスペクトルムを投影したときの実験のように、その光は吸収せられて黒色に見えるのである。同一物であるに拘らず、これを日中に見たときと、蠟燭の光や電燈の光に照らして見たときとでは、それぞれ異った色を現すのも、全くこの理によるものである。

それ故に、物体固有の色として、最も正確なものを定めようとする場合には、無数の放線の結合している太陽の白色光に頼らなければならない。吾々の周囲の事物は、それぞれ放線の吸収力を異にしていて、或物体は自身に適合する一放線を吸収するけれども、或ものは同時に多種の放線を吸収し、また或ものはスペクトルムの一区画を悉く吸収するなど、その物の固有性に応じてそれぞれ違っているものである。そしてその物体の吸収力も、色の物理的性つまり単純色であるか、複雑色であるかによって相違するものである。多くの色は互に混色することが出来る為に、諸種の色が相抱擁していても単純な一色のように印象されることがある。例えば藍色のようなものは、吾々視覚には単純な一色に映じてはいるが、決して单一色ではなくて、実は赤、黄、緑の色調が混合加味されたものである。

スペクトルムの分解

物体の色の組成、例えば赤い液体の赤色、青色ガラス板の青色または煌々とした瓦斯の光に抑々どんな色が含まれているものであろうか。即ちこれを知ってその放線の性質を検べようとするには、スペクトルムの分光によらなければならない。こうして初めてその物体から発する光の種類を、最も精確に鑑識して、スペクトルムのどれがその物体に吸収せられているかを、明らかにすることが出来るのである。スペクトルムの分解及び光の吸収研究は、科学的知識の重要な一地位を占めるものであるが、ここにはその詳説を避けて、ただその知識から得た実験の二、三だけを挙げるに止めて置こう。

白金の針金の尖端に食塩の塊を着けて、これをブンゼン燈の火炎の中に入れると、燃えて純黄色の光を発するであろう。これが所謂ナトリウムの光である。この光を更にプリズマに通過させて白壁上に投射すると、前に実験した日光の分解のときと同じように、その投射は鮮かな黄色の條となって現れるのである。今そのナトリウム光に電氣弧燈のような白色光を投じて、壁上にスペクトルムを投影してみると、前の黄色の線條は黒く変ずる。

これは食塩のナトリウム蒸気が、灼熱している炭素棒の光から黄色を吸収して、他の放線を通過するからである。これはキルヒホップの定律「物体は自己の出す光を吸収す」ということに適うものである。

このナトリウムと同様に、どんな物体でも燃焼させて蒸気または瓦斯状となると、スペクトルムにその物固有の色彩を以て、明かに一定の放線を投影するものである。今数種の物質からなっている物体を蒸発させて、スペクトルムで検べてみると、各物質は本来の色彩を現して、ここに数條の異った美しい線を見ることが出来る。そしてその各線は一定の位置を占めているものである。太陽や電氣の光のスペクトルムになると、明るい線ではなくて、却って黒い線が現れて来るものである。これはこれ等の光源が、すべての物体から発する光を吸収する為である。これを名づけて吸収線といつている。

日光のスペクトルム

光のスペクトルムを白紙に投射すると、種々な光が連續して現れるが、実際の日光スペクトルムとは多少異つておって、各色の間には多数の暗線が介在しているのが見える。これをフラウンホーフェル線というのである。

更にこの線の重要なものは、ABC…等の符号をついているが、その中でABCの三線はスペクトルムの赤色部に、二重D線は橙と黄の間に、F線は緑と青との間に、二本のH線は紫色部に介在している。そしてその暗線には或いは広いもの、或いは狭いもの等があるが、何れも前述のようにスペクトルムの吸収現象に過ぎないのである。

太陽及び地球上の雰囲気に含有されている瓦斯や蒸気は、白熱した太陽スペクトルムの一部を吸収する為に、前のような吸収線を生ずるのである。それはかの電燈の光をナトリウムの焰に通過させて、黒線を生じたのと同じ理によるものである。

葉緑素と血色素

有色の物質はスペクトルムの一部を吸収するだけでは

なく、他の部分をも同時に吸収するものであって、例えば葉緑素や血色素のようなものである。今、緑色植物の葉を通過する光のスペクトルムは、前述のフランホーフェル線のBとCとの間に、幅広い黒線を作るばかりではなく、藍と紫との所も消失されるものである。これは植物の色素である葉緑素が、赤の一部と藍紫の全部を吸収する性質をもっているからである。また、血液の色素である血色素のスペクトルムは、DE線の間に二條の幅広い吸収線を作る。また酸素を失ったヘモグロビンのスペクトルムは、黃と緑との間に吸収線が出来るのである。

水・硝子・石英

この僅かな例證に於いても、各々の物体がそのスペクトルムの色帶に対して、吸収力の互に異っていることを知ることが出来た。しかしそれは眼に見える放線だけではなく、肉眼で見ることが出来ない部分にも、同じような吸収現象が存在しているのである。日光の紫外線のスペクトルムは、無数の吸収線をもっていることで非常に興味のある現象である。或物体は赤外線、紫外線の全部を吸収するが、また或物体はその一部だけを吸収する。例えば、水は赤外線と赤線を僅かだけ吸収するが、化学線つまり紫外線を通過させるものである。また硝子は著しく紫外線を吸収するものであるから、紫外線を利用しようと思う場合には、普通の硝子製レンズでは吸収されて何の役にも立たない。従つて硝子の代りとして少しも紫外線を吸収しない石英を用いるのである。

雰囲気

空気は赤外線と紫外線をともに吸収するものであるが、その吸収の割合は一様ではなくて、太陽のエネルギーの多寡とか、検査する場所の地理的関係とか、四季の変化などに応じてそれぞれ相違するものである。単に一日のうちでさえも、日光の強弱や気圧、温度等に左右される為に、各時刻によってもその差異を生ずるのである。空気が塵埃その他の微細な固形体を混じているので、太陽の光のエネルギーもこれによって、幾分か失われるものである。そしてその弱められる「度」は、各放線によってまた異なるものであって、波長の長い放線は短い放線よりも、吸収されることが少ないのであって、また太陽の光が、地球に達するまでに障礙物の多いほど、化学線の含有量も減ぜられるが、熱線はその影響を受けない。太陽が水準線に近づくと、その光は赤色に富んで化学線が乏しいものである。よく吾々の肉眼に対して、太陽がその位置によって異った色に映るものは、今述べたような関係によるのである。若し、気界外に佇立して太陽を見ることが出来るもの

と仮定すると、その光は波長の短い藍、紫、紫外線に富んでいるから、藍色の煌々とした大光球として見えることであろう。しかし實際地上に佇んで見る吾々には、太陽が地平線に近づくときに赤色と観じ、中天高く揚がるときは、白光燐々とした手掌大の球として仰ぎ見る所以である。これは太陽の光が地上に達して、吾々の肉眼に映するまでには、屈折力の強い紫外線は既に夥しく消失てしまっているので、地球の表面に達したときには、もう白熱電燈よりも紫外線の量が少ない為である。地表に近い空気は非常に密であるから、従つて光も驚くほど多量に吸収される理である。雰囲気の広大さに比べたら、海拔幾千米の山上といつても、その高さは洵に眇たるものではあるが、それでも日光の強度や成分が、地上よりも夥しいことが知られる。實に地上では最も好適に実験することが出来ても、日光のスペクトルムの三〇億万分の一粋の波長以上を知るに由ないのである。

光源

日光の光学的研究がなかなかうまく行われないというのは、天候の加減とか、常に変化しない一定の強度を保ちがたい不便とかの他に、化学的作用に富んでいる波長の短い放線を、含むことが少ないのである。それで光の生物学的研究には、他にもっと適當な光源を求めなければならないのである。

その光源にもいろいろと種類がある。第一は太陽から送られた光を粗雑な表面に受けた後、これを更に他の方面に反射する月、遊星、地球のようなものがそれである。また雲、空気、地上の物体なども、それぞれ光を反射して瀰漫さすもので、それは吾吾が一口にいつている「空の明り」である。「空の明り」は吾々の視覚には太陽からの直接の光に比べたら、問題なく薄弱に感ぜられるので、固より太陽の光の代用となり得るものではない。

吾々は光源体の光の強度を研究するに当つて、その含有されている放線の種類をも知らなければならぬ。そして光源が網膜や、写真版、植物の葉緑素、動物の皮膚、細菌に対する作用は必ずしも一律の関係を以て結ばれているものではない。

加工光源

加工光線というのは、太陽の直接の光とか、その射光で輝く光ではなくて、或物体自身が灼熱して蛍光するものをいうのである。加工光源はその光体によつて、光の組成と放線とを異にするものであるから、勢いその作用や性質も亦同じものではない。或光源には物体を明瞭に見ることの出来る特点のあるものもあれば、また或光源は特に赤線と赤外線が多量に含まれている

ので、主として放熱のために利用せられているものもある。例えば大型石油ランプのようなものは、その放光の性質が屈折率が弱いのである。

また特に化学線に富んでいるものがある。例えばズルモンドの石灰弧光燈の光、コイルの火花のようなものはそれである。特に後者は紫外線を多量に含んでいる為に、紫外線の応用に供せられることが多い。それぞれの光の集成されたものは、発光体の温度にも左右せられるもので、鉄片を温めると肉眼では見えないが、波長の大きな赤外線が生じて、その鉄片がだんだん加熱せられるに従って、熱の一部は光のエネルギーに変化して、赤外線の外に、今まで見えたかった認識赤色線をも生ずるようになり、鉄片の灼熱がいよいよ高くなれば、この色彩は益々鮮かに且つ強くなって、黄赤色、黄色、緑色、藍色の線が混和して来るのが見られるであろう。なおこの上温度を高めると、認識の明確な波長の短い線はやがて白熱して、ここに鉄片は太陽の光を含むすべての放線を放射し、更に波長の短い紫外線に富むようになるのである。

次に弧光燈も亦紫外線に富むものである。今、二本の炭素棒を上下して、それに強い電流を通すと、炭素棒は数千度の高温をもった弧光を発するようになり、電流の強さに応じて温度が高まって、その光の波長も短い放線が多くなるものである(図6)。

弧光燈を下方から仰ぐと、その紫外線のスペクトルムの強さは遙かに日光を凌駕して、更にそのスペクトルムの外端には、太陽にもないくらいの屈折率の大きな、そして波長の短い放線のスペクトルムをもっている。それ故に弧光燈では電流の強さを加減したり、適宜の太さの炭素棒を選んだりして、弧光の強度を調節することが出来るのである。電気の灼熱ランプ、即ち電燈ではその物質の灼熱している温度は、比較的低いものであってその放線は熱線と眼に見える放線である。まだ弧光燈では炭素の代りに鉄でするべきは、更に波長の短い紫外放線に富んだ強度の非常に高いものとなる。灼熱している水銀蒸気も、亦夥しい紫外線をもっているものであるが、光の生物学上の実験に、この水銀蒸気によって発生する紫外線を応用しようとすれば、これを通過させる性質のある材料で、ランプを作らなければならない。

今日、加工光源として広く一般に使用されているものは、紫外線を多分に放射するものである。勿論紫外線は健康上、重要な働きをするからである。

この光源の初めはフィンゼンの考案した所謂フィンゼン燈、つまり弧光燈であつたが、わが国を初め欧米の各国では、今は水銀蒸気による光燈を多く利用している。国民学校を訪問すると、よくこの光燈を備えて

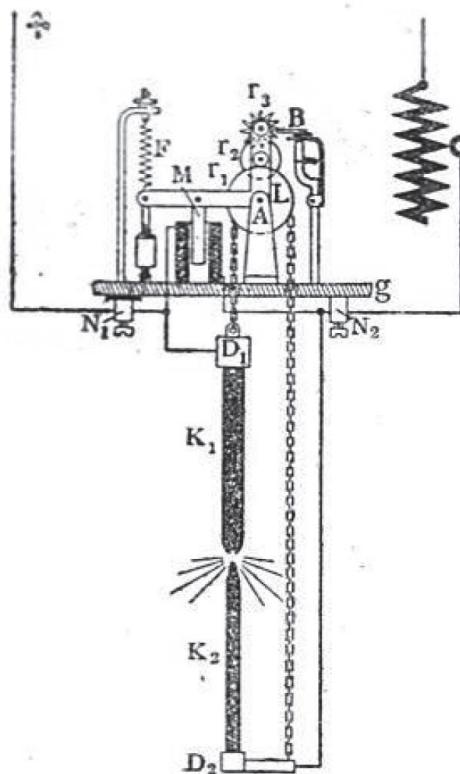


図6. 弧光燈の機構. K₁, K₂ は炭素棒. N₁ は陽極. N₂ は陰極. A, B, L, M 等はそれぞれの調節器である

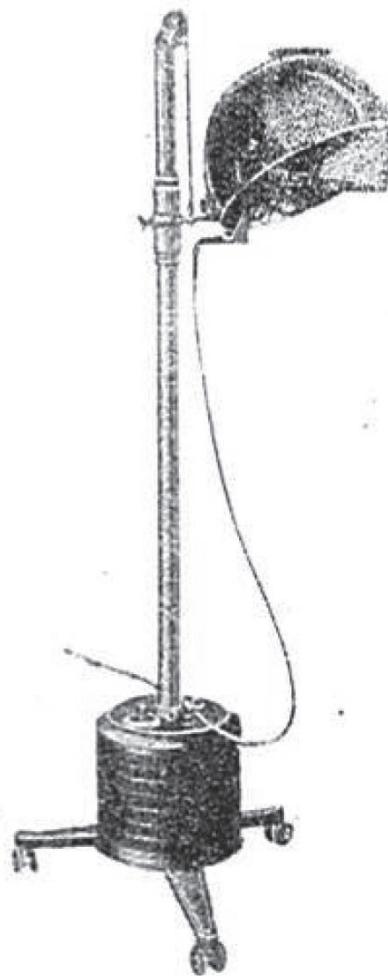


図7. 人工太陽燈

いるのを見受けるのである。この光源からは紫外線を多分に含んでいる放線が出る。これがその特性であって、日光のスペクトルムと比較すると、すぐに認識し得られることであろう。

一般に広く使用されている水銀蒸発による光燈の装置は、真空管が石英製でその両端には水銀を入れる溝がある、この溝の中へ導線が挿入され、更に石英燈の末端外部には板金が放射状に並んでいるのである。この板金は具合よく放熱に役立ち、石英管の過度の熱を避けるようになっている。石英管の長さは一二釐と六釐の二種で、管内は無論真空である。

そしてこの發光管は大きな金属製の帽子に包まれていて、光を一方的に強く反射させる。このような發光器を一般には人工太陽燈（図7）と呼んでいる。

弧光燈に比べるとその使用法が簡易であり、また使用電流も僅かで済むものであるから、経済上からも賞用せられている。

この石英燈は紫外線の量も多いが、熱線もかなり放射するので燈を身体に近づけることが出来ない。しかし微光放電に立脚した發光管として、アルゴン瓦斯を封入した石英管が発明された。従ってこの發光管にいくら触れても、僅かに温みを覚える程度に過ぎないものであるから、皮膚に直接接触させて用いられるようになった。

单色光

これは有色スペクトルムの一定の放線だけを出す光のことであって、最も簡単に実験しようと思えば、光度の強い弧光燈の光を、吸收状態の既知の色液に通過吸収させるのである。例えばフクシンは七億六一〇〇万分の一釐から、六億五六〇〇万分の一釐の波長をもった赤色線を通過させ、また硫酸銅のアムモニア溶液は五億万分の一釐の波長のものに及んで、少量の緑色線と大部分の藍と紫色線とを通過さすものである。加工着色の硝子板を用いて、その单色光の性質をスペクトルムで検査して初めてその目的に適うのである。

光の強さ

光源の性質、つまりその光がどのような線から集成されてみるもののか、まだその数量的関係がどうであるかを考えなければならない。普通吾々が実験に用いているものは、主として光の強いものである。光が強くして光学的に働きのある光の化学的作用というものは、弱い光に比べて量的にも質的にも異っているものである。生物学の実験に用いる光源は、出来るだけ強くなくてはならない。そして光の強度というものは、すべて光源に近づくに従って増加して、その作用も明瞭に且つ

強大になるものである。

これは「光の強さは距離の自乗に逆比例する」光学原則を立證しているものである。光源を最もよく利用しようと思えば、その光を集合することである。今、光源との距離を著しく縮めて集合レンズで光を集めると、温度が非常に高まるものであるから、試験に際しては熱線を除く為に、冷却装置を必要とすることがある。

光は以上述べたように種々な放線からなっていて、その作用は放線が或物質に吸収せられることに關係するもので、またその照輝線、化学線、熱線の綜合していることそのことは、種々なエネルギーの転換を起すものである。

狭義の意味の光

肉眼で見える光つまり光の刺戟によっても視覚は、物理的或いは生理的光学の研究範囲である。光の生物学上の問題の中で、第一に重要なものは光の化学作用で、化学線とその特殊の性質は、光の生物学研究の根柢となるものである。光の熱作用はまた吾々の専門的研究にも深い関係があるものであるから、化学線、熱線がどうして同一の光源から同時に放射されるのか、また光のスペクトルムでは熱線と化学線とが、どんな交渉があるのかというようなことも知らなければならない。

しかし吾々にとって熱作用の問題は、やや単調なのに反して、光輝の問題はどんなにか興味深いことか、これこそ吾々の知りたいと思うところである。

光は既に記したように、すべての生活体に対して深い関係をもつものであるが、かのスペクトルムで眼に見える放線、若しくは眼には見えなくとも化学的作用をする放線はこれを狭義の光といっている。光の光学作用は最後に化学的に変化して、エネルギーの転換はやがて熱の発生を奪うものであるが、化学的に作用する放線は熱を奪うことが出来ないのである。光のエネルギーが或いは機械的仕事に、また或いは音の振動に、或いは電動等に転換せられることは、研究の対象として吾々には意義の深いものである。

化学作用

光の化学作用も、化学線を吸収することの出来る物体の存在を待って、初めて現れるものである。このような物体を「感光性が強い」というのである。そしてその物の感光性というのは、それ自身の化学的性質によるものである。

光の化学作用は亜麻布或いは臍の漂白、染物の褪色、水彩画の変色、木材の変色などによって知ることが出来る。光が作用してこうした変色をするのは、主として酸化作用によるものであるが、また一面光自身の還

元作用にもよるのである。写真に利用される銀のハロイド化合物は、強い屈折光線を吸収し分解して黒変してしまう。また塩化銀紙の上に、木の葉のような薄い物を置いて日光に当てると、木の葉に被われていない部分は黒変して、被われた部分は変化せずに木の葉の形を白く残している。

写真版に像の現れることなども、その撮影された物体が写真版の臭化銀膜に当って変化を起す為である。つまり銀の化合物が撮影物の表面から照された光によって分解されるのである。この場合、照された物体から放射した光が、各々その強さに応じて銀の分解作用を起さずして現像する前に見ても、何の変化も認められない。その現像するのは光に当った後のこと、それを一定の液に侵して処置して、初めてその部分は黒変して現れるものである。勿論その黒変の調子の度は、光の強さに比例して強く現れるのである。そして現像されたものは陰画といって、その暗い部分こそ実は明るい部分で、明るい所は実の暗い所なのである。銀塩類の分解は投射した光によって起り、乾板銀塩は光の投射せられた瞬間に、強く屈折する放線を吸収し、これに或液を加えたときに、初めてここに分解、つまり還元せられる能力を現すものである。この場合の光の作用はちょうど化学の触媒体の作用に相当するものである。触媒体とは自身に変化を起すのではなくて、他の物に触れて初めてそこに一定の化学作用を、誘発さす働きを持っているものをいうのである。

その他、光の為に固有の色が変じて、全くそれ自身とは異った物理的、化学的の性質を帯びるようになるものがある。例えば黄燐が光を受けて赤燐となって、全くその性質を変えるようなもので、沃汞も亦光に遇つて深紅色に変ずるのである。なおこの他殊更には化学的变化を起さないが、光の為にその色を変ずることは、殆どすべてを通じて同様の事実である。中にも植物界に於ける光による化学的分解は重大で、また興味の深いものである。

蛍光

植物界での光による分解を観察し、光の生理的作用を研究する前に、一つの特殊なエネルギー転換現象を知らなければならない。それは生物学の研究に大分注意を促した蛍光という一現象である。度々記したように、太陽の光には肉眼では見えないが、しかしプリズマに強く屈折する放線のことである。石油が光体となると藍色になり、またその石油の上に日光を直射すると、普通には弱黄色に見えた石油も美麗な藍色を呈するようになり、また水中に数片の七葉樹の樹皮を入れると、それに含まれていたエスリンは水に溶けて変色

はしないが、日光がその液を直射した場合に淡藍色の輝きを見せる。硫酸規那の酸性液もやはりこれと同じ作用を現すものである。この他植物の葉を細くして酒精に浸すときは、液に溶けて緑色見えるが、これを日光に直射すると深紅色に燐くように見える。単にこのような液体ばかりではなく、固体の上にもこの現象が現れるものである。或種の螢石を日光に透せば、藍色に煌くものである。この光の現象を螢石の学名から採って螢光といわれている。青化白金はレントゲン放線を受けて螢光を発するものであって、広くレントゲン診断に用いられている。普通汚れていない黄色の青化白金紙にレントゲン放線を当てると、明かな淡緑色に燐くものである。螢光というのは放線が或物体に吸収せられて、物体自ら発光する特殊の現象をいうものであって、特にレゾルチンフタレインとその藍類色素は、美しく且つ鮮かな螢光を放つものである。その酸類をフリューオレッセインと呼んでいる。今その一塊をアルコールに溶解させると黃赤色となって見えるが、日光か紫色線かに曝すときには、緑の美しい螢光を放つようになる。アトラブロームフリューオレッセイン及びエオジンの液も亦螢光を放つものであって、エオジンで染めた絹は特殊の黃赤色の螢光に煌くものである。この他ウラニン、エリトロジン、ローザベカーレなども螢光物体である。

螢光発作のときに行われる吸収作用は、次の実験で知ることが出来る。今、石油か或いはエオジン液を容れた第一容器に太陽の光を通過させ、その第一容器の後に同じ液を充した第二の器を置く。すると第一容器に見えた螢光現象が、第二の方では全く起らない。これは第一容器の液に放線が投射し、吸収せられて螢光を発した為に、放線はもはや第二の器に達しないのである。いろいろな螢光性物質は、またいろいろな放線を吸収するから、螢光現象は一定の放線に限られるものではない。その吸収の如何によって、また物それぞれに応じて、綠線、赤線、紫線、紫外線が別々に働く、各自の螢光を現すものである。石油のような無色或いは弱黄色を呈しているものや、七葉樹の樹皮のエスリン、またキニーネ液などは弱い紫線とか紫外線を吸収すると、殆どみな無色に見えるが、非常に強く屈折する放線が働く場合には螢光を放つものである。葉緑素はそのスペクトルムで実験したように、赤色放線の一定のものを吸収する為に、赤線で螢光を放つものであって、エオジンは綠線を吸収するから、綠線で螢光を放つ作用をもっているのである。

螢光は單色でなく複色であるから、プリズマで分解することが出来る。多くの螢光はこれを発作させる光線よりも、屈折角は小さく波長は大きいものである。しかし中にはこの反対に、屈折角が大で波長の小さな

ものもある。例えばナフタレン赤は赤橙色放線で螢光を発するが、更に強く屈折している黄と黄緑放線を含んでいるものである。

燐光

螢光とやや似て異った光の現象に燐光というものがある。その名の示すように燐の性質によって空気中で放光するものである。光を吸収したり、また光を受けたときは微光を放つものであるが、これはすべて、酸化作用によるものである。燐は空気中では徐ろに燃焼して、燐酸となって微光を放つものである。腐朽した木とか、屍の腐敗したような有機物などが燐光を放つのも、亦この緩やかな酸化に起因し、また燐光菌のような発光バクテリアの作用によるものもある。かの海水の発光もこの燐光菌や、その他の発光体の存在したきに現れるもので、實に吾々幽に玄な海の神秘を物語るものである。固り、燐光は酸素との間に深い默契のあるものであるから、その空気を含まない海水ではすぐに消失するが、空気を含むことの多い水中では、容易にその放光を弱めるものではない。このように燐光菌は放光作用を持っているものであるから、その燐光菌を培養して一緒に集めるときは、ここに比較的強い光を得て書を読んだり、撮影したりすることさえ出来るのである。螢の光もこの細菌の光と同じもので、かの螢火の下で書を繙いた車胤の故事も、単に讀書子の詩情を唆るものとして偲ぶばかりではなく、更に吾々はそこに微妙な科学的一面を、窺うことの出来ることを忘れてはならない。

発光石

炭酸石灰、アルカリ土類、カルシウム、ストロンチウム、バリウムなどの硫化物は、酸化作用がなくとも燐光を発するものである。これ等の物を太陽の直射する場所、または単に明るい場所へ数時間曝して置けば、適當な蓄光器となって夜陰や暗黒の中で、数時間乃至は数日間も放光するものである。しかしこの燐光は實に微弱なもので、その多くは肉眼では見えがたいもので、写真板に辛じて感光するくらいのものであるが、アルカリ土類の硫化物から製した発光石とか、発光粉とかになると非常に強い光を放ってよく讀書さえすることが出来る。その放光の性状は、発光物体のうちに混在しているウラン、蒼鉛、マンガン、銅などの性質に基くことが解った。放光の色は螢光体に含有されている諸物質によるものである。そしてニッケルや鉄の混和物は燐光を弱めるものである。

発光器に光を貯えて微光を放たせるには、日光、弧燈、アウエル灼熱燈、水銀石英燈などの光源を用うるのである。しかし一口に光源といってても、紫線や紫外

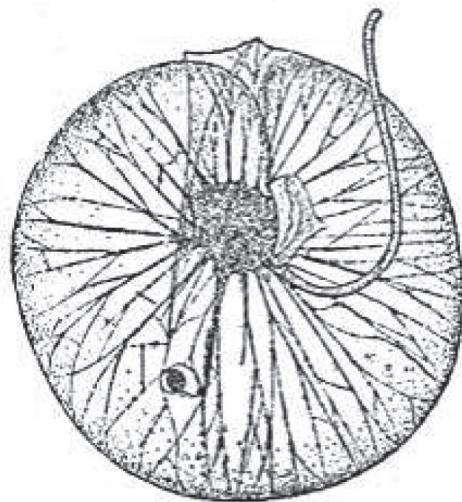


図8. 燐光を発する夜光虫



図9. 発光バクテリヤの光による照明

線のような屈折の強い放線を用いた場合は、放光体の燐光作用も至って強いため、これに反して屈折の弱い放線を受けたときは、燐光は却って碍げられることが多い。このように燐光が屈折する「度」の少ない放線によって滅殺されるということは、科学上實に興味の深い現象で、これはつまり放線が燐光体の燐光放線を吸収することによるものであろう。そしてその燐光を吸収する放線は、赤外線のスペクトルムまで達しているのである。シュレップエルが発見した動物の血液とその組織での燐光は、生物学上の研究に特殊的意義のある物理的現象である。

第三章 植物に及ぼす光の作用

光の生理的作用を知るには、植物に対する光の影響を研究するのが一番その捷径である。事実、光のように植物の成長や、枯死の消長に関して、絶大な主権を握っているものが他にあるであろうか。大は鬱蒼として村を覆うほどな神樹から、小は岩間の羞ずかしさうな一茎の草に至るまで、すべて植物という名に繋がれているものの生命は、悉くこの光—広義に於いての光、つまり太陽のエネルギーに無関係ではあり得ない運命を持っている。すべての有機体が、その存在の根本條件が一定の太陽熱である通り、植物もそれ自身の健全な成長は亦やはりこの太陽熱によらなければならぬのである。植物には各自にその個性に応じて必要な温度の制限があって、もしそれが高きに過ぎたときでも、低過ぎたときでも、やはりその生存が阻止されるものである。そして熱とともに重要なものは、植物に及ぼす光の化学力である。

葉緑素の生成

クロロフィルは光によって造られるといつても過言ではない。また窒素を含む植物の緑色素は、動物の血色素が光に関係するのと全く同じように、微妙な影響を光から受けているのである。かのヘモグロビンが血球と結合しているように、クロロフィルは葉緑体と結合しているのである。しかしそれは液体としてであるか、或いは機械的に、または化学的に結合しているかは今の学説ではまだ決定されていない。ただ葉緑体が光を受けて緑色素を生成するということだけは、もはや疑うことが出来ない今までに確実である。つまり葉緑体には色素が含有されているが、若し植物が天日を仰ぐことの出来ない暗い場所に生えたときには、クロロフィルを造らないばかりでなく、却ってこれを失ってその色も青黄色、または臘のような黄色とか白色に変って、遂に褪色の状態に陥るものである。このような暗所の植物や光を受けない植物の一部分には、葉緑体に含まれている葉緑素の代りに、エチオリンという黄色素をもっている。かの日蔭草が普遍な日光を受けられないで、ちょうど痛ましい病女のように喘々として、その葉も茎もともに悲哀を象徴する淡い黄色に褪色しているのは全くこれが為である。けれども一度これを明るい場所へ移して、太陽の光を潤沢に浴びさせると、今度はエチオリンはクロロフィルに変じて、見る見る緑色を帯び元気も旺んに、見栄えある植物となるであろう。しかし余りに長く暗所に放置した植物は、遂に恢復の見込みがなく、哀れ彼は永遠に呪われた植物となり終らなければならない。實に光の力も亦偉大ではあるまい。麗かな五月の太陽を満身に受けつつ、滴るばかりの翠緑に威容を調えた植物の新葉も、その実、

結局は葉緑体が単に太陽の光を受けたという事実に過ぎないのである。しかしそれは植物の生命にとって、實に厳肅にして大きな事実ではあるまい。

すべての植物はそれに好適した光を受けたときには、葉緑素が生じて緑青の色になって来ることは、既に説明したところであるが、ここに暗所に於いても相当の葉緑素を造る植物がある。尤も全然光の通じない暗黒な場所は問題外であるが、普通吾々がいっている「暗所」、つまり光の極めて不十分な薄明の箇所を指しての場合であるが、葉緑素は實にこうした僅かな微光の中でも、响くられるということが知られるのである。甚しいものになると加工光源、例えは瓦斯の光とか、石油や蠟燭の光のような、ほんの僅かに読書が出来るくらいの弱い光によても、その嫩芽には葉緑素が生じて自然に緑色になるものがある。殊に毬果植物の子葉などは、全く光がなくても緑色が出来て、クロロフィルを作るものである。ブエッフェルは「葉緑素の生成は必ずしも光の場所を問うものではなく、たとえ病的状態を起すような不完全な暗所でも行われるものである」と説いてはいるが、大体に日陰の植物も数箇月も経つと、葉緑体の褪色を見るようになるのが普通である。ところがこの毬果植物や仙人掌などのようになると、非常に強い抵抗力を持っていて、一箇月以上も暗所に放置してもなお緑色を失わない。仙人掌こそその執着力が余りに強くて、遂にその名に応わしい隠遁者となり得るのである。

すべて暗い場所に置かれた植物でも、まだ病的変化を起さないうちは、優に葉緑素を成生する能力を持っているものということが出来よう。

葉緑素生成の病的障碍

葉緑素が壊されてその活力が阻止されるときは、葉の表面に白色とか黄白色とかの斑点、または線條が出来て来て、たとえ光を受けても再び葉緑素を生成されなくなる。これはその成分であるところの含鉄塩類が欠乏するからであって、實にこの含鉄塩類こそ、葉緑素の生成に欠くことの出来ない重大要素である。かの稀薄な含鉄溶液が、萎黄病と名づけられる一種の植物の病を救治するのも、この理に基くものである。

秋の紅葉美をつくる雜木林の樹の葉、或いは成熟した稻の茎が変じて黄褐色の藁となるのは、植物の生理作用ではあるが、また一面病的現象の結果ともいえるのである。葉緑素は自身の任務をなし終えて、その副産物ともいべきキサントフィルを残すことによるからである。これは葉緑体が化学的変化をした集成物である。またかの石蓮華属、仏田草属のような多年生植物の葉が、冬季には赤く変化するが、これもみな葉緑体

が越年する為に、その細胞液に溶けていた赤い色素を生成するからである。

この他に明るい場所で発育しても、葉緑素を造らないものがある。これは無数の黴菌、菌類、顕花植物の中での或種のものなどである。実験上、葉緑素の生成に及ぼす光の作用は、スペクトルムの認識部つまり屈折の少ない赤、橙、黄色線と、B、D フラウンホーフェル線の間の光線で営まれるものである。元來この葉緑素は蛍光性の物質であって、光から赤、赤黄及び藍、紫色線を吸収するものである。従って葉緑素の蛍光は赤色に基くものであることがわかるのである。

葉緑素の作用

すべて光に左右される植物は、大気中から炭酸瓦斯を摂取して水素と化合して、ここに初めて有機物をつくる。この際に、酸素を遊離して大気中に放散するのであるが、この酸素は周知のように呼吸空気を純良清新にするものであるから、植物のこの機能は動物にとって最も深い恩恵である。このように含水炭素化合物は、植物の有機性栄養物として、植物の生活基礎となってその生存には欠くことの出来ない大切なものであるが、それを齎すところの炭酸同化作用は、實に葉緑素と光との相互作用によって遂げられるものである。詳しく述べれば葉緑素は光と協力して植物の生命を維持しようとする為に、日光に浴している葉や茎内で同化作用を営んで、炭酸と水とによって有機物を造って、自身の養分にするばかりではなく、更に環境の空気を清浄にさせるものである。酸素は炭酸瓦斯の分解によって形成せられ、その結果まず第一に光学的に集成されて、含水炭素化合物として出来た澱粉は、普通の植物では葉緑体の中に存在するものである。

太陽放線から吸収したエネルギーは、常に植物の栄養となって、その生命を育てる根本の力であることは、前述の通りではあるが、植物はその上更に葉緑素で、自分に必要な有機化合物をよく造ることの出来る力をもっている。それであるから地中の無機化合物に、炭素、水素、酸素等の元素がありさえすれば、灼きつくような沙漠の中でも十分に繁茂することが出来るのである。

凡そ動物に必要な食物というものは、太陽の光と植物界にある有機化合物とによって供給せられるものであって、すべての生物の成分は、植物が光の作用で出来た有機化合物のうちに栄養源をもっている。換言すれば全生物の生命を維持する物質の転換は、太陽の光のエネルギーと植物の体内で変化する化学的エネルギーに基くものである。有機化合物は常に新しく炭酸と水から、或いは動植物組織の最後の溶解物から、または日光の力を借りてクロロフィルから造られるもの

である。そして更に微妙な宇宙は、無機体から有機体を形成して、生物に適当に消費させるように出来ているものである。自然の活動エネルギーは、いわば緑色の植物が光に基いて行うところの同化作用である。つまり葉緑素が光に対して密接な関係を、維持するということによって出来るものであるともいえる。

同化

日光のエネルギーで、有機物と酸素とが生成される同化作用の営まれる場所は、同化組織つまり植物の緑色部である。それは植物が日光に浴するのに、一番好都合である緑の葉と若い茎などである。そこには多数の葉緑体を含んだ海綿状の組織を作っている。殊に葉の柵状組織は長方形で鉛直に並んでいて、細胞の内側には葉緑体を蓄積して、光の力を受け易くなっている。海綿状組織になっている細胞間には、無数の気道が互に錯雜していて、それが強い光を受けるとその葉緑体は、これに応じてその位置を換えるのである。また葉の裏面から反射した光も、入れることが出来るようになっている(図 10, 図 11)。

葉緑体を随所に分布して、光を受け易くしているこの装置は、極めて巧妙なものである。それが高等植物のように分業を行うものでは、なお更その構造も非常によく発達している。柔軟なる嫩葉の広く伸びているのは、葉緑体を宿すのにはまさに好都合である。葉緑体の同化作用は既に説明したところであって、葉緑素の生成には、無機化合物がぜひ必要あることも想像されることであろう。同化作用は十分な日光によっ



図 10. 葉の断面と裏面の構造(拡大模型図)

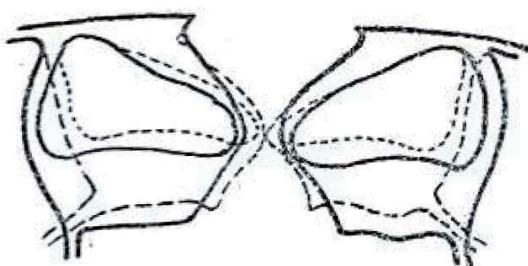


図 11. 気孔の開(実線)、閉(点線)

て、豊かな葉緑素を生成されるときは、特に盛んであることは、今までの諸説ですぐ理解することが出来る。従って花弁などのように赤や褐色等の色素のある箇所では、炭酸同化作用は行われないのである。尤も山毛櫟の葉は赤色を帯びながらも、緑葉のように同化作用を営んではいるが、その作用は緩慢で、また実に微弱なものである。こんな場合でも葉緑素は、たとえ僅かでも赤色素に混じっているものである。葉緑体は時に全く別種なものに変ずることがある。例えば青い果実が黄色に熟し、闊葉樹の葉が時雨に濡れて、紅色に染められるようなことはその一例であるが、これ等は葉緑体が赤褐色の色素体に変化した結果であって、そうなるともはや同化作用の能力を失っているときである。

光の強さ

炭酸瓦斯の分解は、瓦斯燈のような弱い光の下でも行われ、また弧燈であれば一層よく行われるが、しかしこの作用も暗い所では極めて微弱なものである。つまり同化作用というものは、光の力が加わるに従ってだんだんと旺盛になるものであって、炭酸瓦斯の分解こそ光の強度に正比例するのである。しかしこれには一定の限度がある。若しその一定の度を超過した光力を与えたときには、ただに酸素の放出を増加しないだけではなく、寧ろ却って葉緑体を害して、炭酸瓦斯を分解する可能性を奪ってしまうようになるものである。それであるから余りに強過ぎたり、また弱過ぎたりした光線は、共に同化力や栄養に害があるだけで、何等の効果もないものである。纖弱な植物があの強烈な夏の太陽に照らされて、枯死することは好適な一例として吾々がよく見受けれるところである。

規那の樹は強い光に対して、特殊の感光と反応とをもっているものである。嘗てこの樹を南アメリカからアフリカに移植して、異域での成育を試みたことがあったが、樹幹は母国のように繁茂したのにも係らず、その樹皮には規那の成分を少しも含んでいなかつたので、学者達はその現象を不思議なこととして、攻究に攻究を重ねた結果、その樹皮に寄生する苔が規那成分の生成には、欠くべからざる貴重なものであったということを漸く発見した。この苔こそ規那成分の生成にとって、有害となる光の放射を防ぐ為であったことがわかったのである。そこで今度はその樹皮に防光を施したところが、極めて良好な結果を収めることができたということである。

葉緑素の光の吸収

炭酸瓦斯の分解作用を起す光線は、主としてスペクトルムの認識線である。しかしながら、更に光が組織内に透達する深さによって、その性質も変化することに

ついて顧る必要がある。光が表面の緑色層を通過して、層の葉緑体に達するまでには、各層に順次吸収されるから、その光の性質というものは各瞬間に毎に異つて来るものである。エンゲルマンは分光器を使ってこれを実験したところが、葉緑体の最上層では同化力は一番強大であって、その吸収する線は、フラウンホーフェル線のB線とC線との間のものが最も強くて、これに次いでF線とG線との間のものであった。葉緑素の同化作用と吸収作用とは全く類似したところがある。最上層の葉緑体の次の層にあるものは、ちょうど着色紙の後にあるのと同じようなものである。結局、葉緑素の蛍光を放つ放線は、第一層で漏過されてしまつて第二層には達しないから、第二層ではB線とC線との間の放線が欠乏することになる。であるから第一層で最大であった同化作用も、第二層の場合には同じ所でも極小となるものである。この層での一番多く同化作用を営む所はフラウンホーフェル線のD線とE線との間にある緑に近い部分である。各層に於ける同化作用の強さは、各々異つてはいるものの、総体の同化作用を営むものは、D線付近に於いて著しい。換言すると光の同化作用を営む最大放線は黄色部である。これは黄色線は葉緑体の深部まで透達して、強い働きをなす為であるからである。赤色線も亦その力はなかなか強いものであるが、表面で既に消費されてしまう。葉緑素は日陰でも同化作用の能力のあることは前に述べたところであるが、これは黄色線によって促されるものである。

藍色線と紫色線は同化と栄養に働くことが割合に少ない。藍、紫色線または紫外線だけでは、緑色の植物は栄養の欠乏を来たし、早晚枯死しなければならない。光のいろいろな放線が、同化作用にどんな影響があるかを調べてみようと思えば、エルゲンマンの細菌法によるのが最も便宜である。つまり腐敗菌が酸素の混在するときは、その運動が活発となるものであるから、葉緑素の少ない細胞でも光によって放出した酸素で、その作用を試験することが出来るのである。

植物の成長

光がどうして植物の発育に影響するものであるかということは、しばしば繰返していったことである。或植物を暗い場所へ移すときは、葉緑素とか緑色とかを失うばかりでなく、茎、幹も細長く伸びていかにも弱々しく節間、葉柄も長く、葉も細く曲って、茎と葉柄との割合を失つしまうことになる。これを適度の日光に当つて、茎、幹、葉なども頑強になって鬱蒼と繁茂して、抵抗力、支持力がどんなに強いかを誇示しているかのような植物に比較すると、まことに同日の談ではない。これを今顕微鏡でみると、後者の組織は細胞

が短く、発育も佳良であるのに反して、前者即ち日陰のそれは細胞は細長く脆弱で、葉緑体も少なく殆ど退行的現象を示している。

カミール・フランマリオンは、いろいろな色をもったところの光線が、植物の成長に対してそれぞれどんな具合に異った影響を与えるかを実験した。ゲーブルトによると、「フランマリオンは分光器でその単色性を調べた色と、いろいろな色硝子とを使用して小さな家屋を建てた。そしてその第一号には藍色ガラスを用い、第二号には赤色硝子を使い、第三号には緑色ガラスを嵌め、第四号では無色硝子にした。ところが、藍色硝子の室では植物の成長は遅々として非常に振わなくて、且つ相当な日時を経過しても矯小であった。緑色の室ではやや生長の見るべきものがあったが、それでもなお下の方に垂れ下っていた。ところが赤色の室では驚くほどよく繁茂したのである。この実験には高さ約三
丈ばかりの含羞草が用いられたものであって、赤色光ではそれが四二丈に、無色光では一〇丈に、緑色光では一五丈の高さに伸びたが、藍色の室では殆ど成長を見るようなものがなかった」とのことである。しかし植物一般の生活條件としては、光はさほど熱のように重要なものではない。光を必須としている植物であってすら、或組織には光の作用を要しないものさえあるくらいである。現に根は真暗な地中でもよく発育蟠居して、光に対しては少しも幹や葉のような愛着をもっていないのである。

日毎に光を換えたり、またその強さを著しく弱めたりするような一時的の変化は、植物の成長にはさほど有害なものではないが、高温度はその成長力を最も阻害するだけではなく停止させるものである。また植物はその成長力を保っている限りは、一時的陰暗は却って生長を促進することにもなるが、しかし陰暗が余りに長時間に涉るときは、今度は植物の感受性が無感覚になって発育が阻止されるか、或いはその成長が別の方に向かうようになることがある。

光の強さが或限度以上に昇るときは、葉緑体の組織が損傷されるばかりでなく、前に述べたようにその成長を阻害されることもある。大体、生長には一般的に摂氏三〇度内外を最も適当としていて、零度以下とか五〇度以上とかの場合は、普通成長を止めるものである。尤も異例として零度近い温度でもよく成長する「いわかみ」とか、八〇度もする温泉の中でもよく繁茂する硫黄バクテリヤなどもあることはある。普通十分に天光に浴している野外の植物には、光の強さが適度を越して害を及ぼすようなことは殆どない。しかしながら平常日陰に育てられていた植物が、急に強い日光に照らされるときは、その余りにも烈しい刺戟変化の

為に、往々枯死するようになるものがある。下等植物には中等度の日光にさえも堪えられないで、不成長に終るもののが非常に多い。この点は後章「細菌と光との関係」のところで更に詳しく説明することにする。

開花

光はまた開花にも影響することはいうまでもない。顕花植物の或種のものには、光が不十分な為に花蕾の発育を遅くする結果、開花期を遅らすばかりでなく、ときには全く開花せずに脱落するものさえある。しかしそ中には直接に光の恩恵に浴していなくても、花を咲かせる所謂日陰の花もある。けれどもそれ等の花色を、あの明るい陽光の下で乱舞するかのような豊麗な花色に較べるときは、まことに見劣りのするものである。また、たとえ同じ一つの植物にしても、その咲く花が山腹に育つて比較的多くの光に浴したものと、幽谷に生まれて淡い光で漸く咲いた花とでは、その色の際立つて違っているのがよくわかる。栽培者はこのように花自身の光に対する反応力によってその色合いを変ずる自然性を利用して、いろいろと花色の変化を試みることを忘れないものである。花売りが花の蕾を絶えず注意して、日に当てるのも今述べたと同じような理によるものである。

葉緑素の生成やその機能は、屈折の弱い光線に關係することが多いのであるが、その成長の方はまた反対に屈折の強い藍、紫線と紫外線とによることが深いのである。これは一見、植物の成長を遅延させる作用があるようと思われるが、その実、正規の発育を促進するものである。開花も亦、紫外線の働きに俟つことが多いのである。従って大抵の花は、その開花期は光つまり紫外線の欠乏によって遅れるものである。

光の運動刺戟

植物は光によって運動の現象を現すものである。成長に影響を与える光線は、運動刺戟を促すものである。このように藍、紫線は植物の或組織に働いて、重力と一緒にになってそこに外形を造るものである。植物がどうして光を愛好するように先天づけられているかということは、あの太陽に面した部分が、非常に旺盛に発育することを見てもよく知ることが出来よう。

日光感應或いは向日性

一方から射込んで来る光の刺戟とか、その光量の差とかによって生じる方向的運動を、植物の日光感應性といふのである。一方から採光した室内にある植物は、光の刺戟に応じて葉柄と茎が、光の十分な窓の方へ伸びて行こうとするのは、この理によるのである。このように葉は常に光の来る方向に対して直角の位置をと

り、また茎は光に向けて伸びて行き、一番都合よく光の恩恵に浴そうとするこの状態を、向日性または背地性といつて、これに反した根、根茎のように日光からなるだけ遠ざかろうとする天性を、背日性または向地性というのである。なお根は水分の多い方向に生長を営むものであるから、向湿性をももっているわけである。

この場合に纏繞植物の蔓の旋回状態を観察することは、まことに興味深い問題である。この植物は一般に向日性のものであるから、日に面した側の蔓の伸び方は極めて速かであるが、これに反した面は、その伸展が非常に緩かである。しかし向日性の運動は外界のいろいろな事情に順応する為に、常に多少の変化を受けるものである。

すべて刺戟運動を見るような、植物の向日運動の主な原因となっているものは、細胞の原形質が刺戟によって興奮し、従って成長力が増進され、屈曲現象を起すことによるものである。刺戟作用を説明するのに、従来は植物に日光感應官、つまり表層細胞の中にある特別の成形素によって、営まれるものだと思われていたのである。

日光感應性は光の強さに比例するものであるが、光の強さが余りにも増加すると、普通は向日性であった多くの植物でも、光を避けようとするものである。こうした場合には本来の向日性が背日性となるわけである。

偏光性運動

生きている植物が外界の事情に応じて、能動的に運動する現象には、看過することの出来ない意義がある。すべての植物はこれによって成長し、外界の事情にも順応して、その形を変えて行くのである。殊に興味のあることは、植物にも亦感覚があるのではないかと疑われるような、所謂植物の夜間運動、若しくは睡眠運動がある。植物は日中には或いは花を開いたり、或いは小葉を展開したりして、嘗々として自分自身の命を育もうとして勤労しているが、夜間には全くこれ等の機能を閉止してしまって、ちょうど安眠するかのような状態になるのである。これは全く光と温度の変化に基いた周期的な運動によるのであって、まつすぐに立つていた花も、光が少くて温度が低くなると、垂れ下つて花弁を閉じ、小葉も鎖すようになって来るのである。こうした現象は毎日、光の為に繰返して行われるのである。温熱が上昇するに従って刺戟の度も高められる。温熱反応作用には強弱の度合があるから、従つて外形の変化にも、或いは日中と夕暮と夜間とによつて、それぞれ変化するものもあるわけである。含羞草はこの最も鋭敏な植物で、夕暮になると睡眠運動をす

ることは、誰でもよく知っているところである。こうした小葉の定期性開閉運動は、屈伸関節の上下端で営まれるもので、光の明暗によって組織張力が変化するからである。またこの反対に、或種の花にはその花粉の伝播を蛾の媒介によってなされる為に、夜間は開いてはいるが朝になると萎むものがある。

植物の向日運動は光に対する直接運動であるが、その屈曲運動は熱と機械的刺戟とで起るものであるから、光の間接作用である。光の刺戟作用が働いて、且つ温度とかまたは機械的刺戟があれば、植物は過敏な運動現象を起すものである。あの含羞草を暗い場所に長い間放置すると、麻痺状態に陥って運動の反応性は阻害されているので、たとえ機械的刺戟を受けても反応運動は起らない。そして植物の興奮性を保持するのに、必要な光の強さは、それぞれの植物によって相違している。茜草の偏光運動は、微光によつても保たれるが、含羞草はこれくらいの微光では運動力がなく、強張った状態にあるものである。

偏光性を左右する線は、認識線スペクトルムの強い屈折あるものでなければならない。赤と黄色線による傾向作用は微弱であつて、ただ徒らに葉の睡眠運動を促すに過ぎないのである。光の強弱に従つて、傾向状態や睡眠運動などの起り初めとか、その経過には差異のあるものであるが、勿論、葉の重量にも関係する。凡そ花の咲く為には弱い赤色光線で十分であつて、却つて藍色やその他の明るい線よりも早く咲くものである。また光の運動に対する刺戟は葉緑素にも及ぶものであつて、これが為にその組織の位置や状態を変化することが出来る。葉緑体は常に好適の光を受けて移動し、出来るだけそのエネルギーを利用しようとしている。それで若しも余りに強い光を受けたときは、その葉緑体は強い光力の害から逃れようとする。苔の葉緑体は弱い光のときには細胞の上層に集合して、投射光線をかなり広い面に受けることに努める。しかし強い光のときには、細胞の側面に集合して投射光線を避けることを忘れないものである。

ヘルテルは紫外線が水龍骨科の一種であるエロデア・カナデンシス (*Eldea canadensis*) に働くときは、原形質の運動が緩慢となることを実験した。それによれば葉の辺縁に於いての運動は、僅かに二分乃至三分間で休止し、光線を受けた細胞には到る所どこにも原形質が鬱積していた。そして光線を早く除くときは、また再び平常に戻つて運動を始めるが、二十分間も照輝していると再び運動を中止する。

波長の短い線に反して、黄色線はこうした麻痺作用を起さないようである。

転位性運動

光線生物学に重大な意義あるものは転位性運動（全体運動）であって、これは自由に運動の出来る原形質とか、多くの藻類の游走成形小体などで観察することができる。これ等の独立運動を営むものは、光を運動の刺戟として感じ、光に反応して鰓毛を光線に向け、或いは光線を避けるのであるが、このような運動を光性運動と名づけ、光に近づくか、または遠ざかるかによって、趨光性と逃光性とに区別するものである。大抵の游走子はこの両者のどちらかに属している。ストラスブルゲルは嘗て囊状藻科の一種ボトリジウム・グラスラーツウム (*Botrydium granulatum*) の游走子で、興味の深い実験を行ったことがある。顕微鏡で観察すると、先ず游走子は平等に溶液に配分されているが、一度これに日光が投射すると、游走子の一端は早くも光に向かって大速力で並行に運動し、暫くして游走子は匆忙として光の方に位置を変じて行くのである。このように趨光性運動は、勿論光の強度に関係するものであって、弱い光にはその影響を見ることが出来ない。今、硝子皿に水を盛りこれに囊状藻類の感光性の強い游走子を入れて日光で見ると、この水は一様に緑色を湛え游走子が水中で、さまざまに游走していることを知るのである。この硝子皿の位置を定めたまま、後方の暗い一方から射入る採光室内へ徐々に運ぶときは、游走子は光の射す方を慕って急いで行くのである。更にその水の上に直接日光を投射すると、今度は游走子が光から逃げ去って行く奇現象を現すものである。これを見れば、吾々は光の強さが急激に増すときには、元来は趨光性であったものでも、逃光性に変わるものであることを知ることが出来る。実験の結果、通常の游走子は弱い光に対しては趨光性のものであるが、強い光には逃光性のものであることは強ち単なる仮定ではない。

しかし游走子はその種類によって、その反応関係に差異のあることはいうまでもない。否、同じ游走子でありながら、そこに相違を持つものさえある。ボローカス・グラッバトール (*Volvox glabator*) の成熟した游走子は、未熟のものよりも弱い光に作用されるもので、ストラスブルゲルが報告したように、たとえ光の強さは一定していても、游走子の成熟の如何とか、慣光程度とか、水の温度とか、酸素の張力の如何などが重大な関係をもっているものであって、従ってその反応状態にも相違を来たすものである。なおこの他に、帰極性と名づく游走子の運動現象は、常に光線の方向とその長軸との位置を一定に伴わす運動である。しかしこの帰極性の運動でも、数分間に亘って照輝するときは、急にこれと反対の方向に転ずるものである。

緑色のない植物

植物と光との関係を論ずるときには、いつも緑色植物を引例とした。これ等の植物には著しく同化器官に緑色の葉緑素を保有している。けれども植物の中には葉緑素が単に緑色ばかりではなくて、黄、赤、黄赤、黄褐色などをもっているものもある。かの海洋の深い所に隠棲している多数の赤色の海藻などはそれである。吾々はこのような水棲植物の変色を研究するに当って、光を探り入れる海水がその深浅によって、色を異にするのを観察することは、また興味あるものである。スイツツルのゲラフ湖の水は鮮かな碧色を湛えているが、五米乃至二〇米の深所ではもはや碧色を帯びないで赤若しくは黄色である。またネーブル海心に棲んでいる貝殻や植物は、赤味の勝った特殊な色性を備えているということである。従来の研究の結果、海の深浅によつて植物と動物は、その各層特有の色に従つた色を帶びているものであるということがわかった。即ち第一層には緑色、第二層には褐色、第三層には赤色の動植物が存在するが、最下階の第四層となるともはや繁茂する植物がなくて、ただ白色の動物がいるだけである。

以上の区別は厳密な意味では正確なものだと断言は出来ないが、この種の研究に対して大きな資料を提供したことにもなり、方法の途を開いたことはいうまでもない。このように上層には緑色、下層には赤色の植物を生ずるということは、光力の強弱の相違に累わされた結果であって、エンゲルマンはこの実験を試みる為に分光器で精密な分解をしたのであるが、水層深く透入するに従つて、光の強さとか色とかの変化することを確めた。つまり深所では赤色光線は非常に強く吸収され、緑色線と青色線は極めて微弱なものである。それ故、下層に降るに従つて、緑色の水棲食物は赤若しくは黄色の光線を吸収することが減じ、また緑色の葉緑素は殆ど緑色光線または緑藍色光線を吸収することがなく、容易にこれを通過させるか、または反発してしまって他の緑色植物のように、炭酸瓦斯を分解しないのである。従つて緑色の葉緑素は、ここに赤及び赤黃線から影響を受けるようになるのである。

これ等には補色を吸収する巧妙な作用を具えている。すべての生物は色の補色線を十分吸収すると同じように、水棲植物も亦その葉緑素の色合いに好適した光に感應して生活している。

元来、葉緑素はどんな色を帶びても炭酸瓦斯を同化する可能性をもっているから、海底植物も光の性質によつてその色を変じ、赤、赤黃、黄、黄褐色などいろいろな葉緑素を保存しているとはいえ、植物それ自身の生命を持続する作用に少しの故障もなく、光に関係してその繁殖にいそしんでいるのである。

第四章 細菌に及ぼす光の作用

光の細菌作用

光が植物の生理的作用に及ぼす実験の中で、最も価値があつて重大なものは、植物性下等有機物つまり細菌などに対するものであろう。光が病人に対して有効な治療者であることを発見されてから、寄生病原者に対しての光の関係は、あらゆる方向から研究せられるようになった。^{なかんずく}就中、光の殺菌作用などは、確に人類に大きな恩恵を与えていたものである。まことにその細菌の発生や、繁殖やまた成長を阻礙したり、死滅させたりせねば止まないこの光の偉力には、實に驚くべきものがある。

ドーネスとプラントの実験

ドーネスとプラントとは、光が細菌に及ぼす作用を精細に研究した最初の人々である。彼等の研究当時は、まだ細菌学の知識も幼稚な時代であったにも拘らず、彼等が一八七七年及び一八七八年にロンドンの王立協会で報告した研究論文は、現代の学界にも今なお権威のあるものである。資料の薄弱な当時に於いてさえ、よくもこのように系統ある秩序正しい偉大な業績を挙げられたものだと思う。

この研究によって、太陽の直接光は勿論のこと、間接な散光でさえも、なおく腐敗菌の発生を阻げるばかりでなく、その照輝の時間を長くして、光の強度をも増加するときには、これを死滅させ得るものであるということがわかった。

培養基に発生した腐敗菌の殺菌を行うには、日光に曝すのが最善の方法である。この消毒作用は熱によるものではなくして、全く光の作用にのみ基くもので特に屈折力の強い放線の働きに關係しているのである。屈折率の小さな赤色線や黄色線には、こうした殺菌作用の力はないのである。しかしこの作用に際しては、放線の影響だけではなく、培養基そのものの乾燥や湿润の具合や、その他の性質によって殺菌の効果に非常な差異の生ずるものである。ドーネスとプラントの研究だけでは、光の影響は間接の作用であって、培養基が先ず光を受けて化学的に変化して、殺菌効力を現すものであるか、或いは細菌発生の阻止期の状態によるなどについては、十分に窺知することが出来なかった。しかし光の作用には游離酸素の存在を必要とするし、光と酸素との両因子が協力して、初めて殺菌の実を挙げられるものであるから、若しもこの両者が箇別的に働いたときには、何等の作用をも起さない。すべて細菌の物質代謝作用は光に害して過敏であつて、その感光には勿論酸素の存在を必要とするものである。

ドーネスとプラントの報告以来、この問題に関して各方面からいろいろと新研究が試みられ、細菌学は急に長足の進歩をしたのである。こうして純粹培養法の發見とかまたは細菌の性質の闡明などからして、いろいろな実験に理学的要件を定め、光線作用の比較判断が出来得るようになり、ここに漸く各放線の効力が明かになった。そして光の性質によって一番確実な細菌の発生とか、その生長を阻止滅尽し得る方法とかを知るようになったのである。

プフェルの実験

プフェルは通常のアルカリ性肉ペプトン加寒天培養基を試験に用いた。該培養基を沸騰し、溶解させてから四〇度に冷却し力後、肉羹汁で培養した細菌、例えばチフス菌、大腸菌、綠膿菌、靈菌、コレラ菌をこの培養基面に一様に塗布した。そして培養基の裏底へは黒紙で十字形のものを作り貼り(他の場合に黒文字を記した)、蓋を覆ったまま底を上に向けて太陽の直接光に一時間から一時間半ぐらい曝した後(散光の場合には五時間)、培養基を孵卵器に入れ器内の温度を細菌の発育に適當なように高めて放置したところが、二四時間後には培養基に細菌が発育して十字形に現れた(黒い文字のときは文字の像をとつて現れる)。これは光に照れない黒紙の下の細菌はよく発育することが出来たが、直接光を受けていた他の部面は、発育が阻礙せられて遂に絶滅せられるようになったものである。プフェルはかのチフス菌が怖るべきチフス病の病源菌であることを證明した人である。培養基の基底面に貼った黒色文字の代りに写真像のある乾板、例えば景色の乾板で掩って培養基を光に当てたところ、が、像の黒い部分に応じて発育する細菌と、死滅する細菌とが出来たのである。

集合光

細菌に働く光の力と光に対する細菌の抵抗力を、研究した学者は極めて少なかった。もともと、光が細菌を殺すに足る能力があるということは謬見である。今試みに細菌を弱い光に終日当てて、一週間若しくはもっと長く一箇月間も曝し続けても、恐らくは何等の影響をも受け得ないであろう。ここに於いて、光が細菌を殺滅するということは、必ずや光の強さの一程度に關係しての問題でなければならない。つまり光の殺菌力というものは、強度に達した後に初めて効果のあるものであつて、光が集合するに従つて、その力も高まるものであるということがわかるのである。換言すれば殺菌に必要なものは、「集合した強い光」である。

フィンゼンの実験

フィンゼンはこの関係を実験しようとして、先きにブフェルが考案した扁平培養法を摸倣して、肉ペプトン加寒天と肉ペプトン膠質との混和培養基を作り、また一方には肉ペプトン加寒天培養基を作つて、肉羹汁で培養した細菌を二、三白金耳量だけ塗布して、これを一、二時間光に曝してみた。但しフィンゼンはこうした実験を二様に行って、甲の培養基を直接太陽の光に當て、乙の培養基には集合した太陽の光線を用いたが、それには太陽の熱作用を防ぐ為に光に曝している間、冷水をその培養基の表面へ注いだ。またそれぞれの培養基の上へは、紙に幾つかの小孔を穿ったものを貼り付け、その紙は一面を黒くして光の透過を防ぎ、他の半面を白くして光に向けて熱を反射させた。また集合光に曝した乙器には、それぞれの小孔の傍に一、二、三の文字を記入して、その数字だけの時間を照しては紙を取り除いて、墨を洗い去つて孵卵器内に移したところが、二四時間乃至四八時間の後には、受光の結果を明かに知ることが出来た。受光時間の長かった方の小孔内の細菌は、その活力が減退するか或いは死滅するかなどして、黒い文字の下にある細菌だけが成長発育して、文字形通りになつたのである。無論、該両器の実験は同日、同時刻、同一條件のもとになされたものである。この実験によって、フィンゼンは集合した光は通常直接に受けた太陽の光よりも、殺菌力が逞しいということを知つた。純培養した靈菌の発育を阻止させるには、集合した太陽の光だと三分間で十分であるが、通常の太陽の光では四五分間を要した。八月の真昼の太陽の光を集めて細菌に投射すると、その発育力を僅か一分間で阻止し、これを殺滅するには五分から七分間ぐらいを要するのみである。これを通常の光で前同様の程度に発育力を減退させるには、一五分間は必要で、もし絶対に殺滅しようとするには少くとも一時間は要するのである。

フィンゼンは集合光が細菌の発育に及ぼす作用の時間を実験して統計した。しかしその数字的価値はもとより絶対的のものではないが、頗る明細を極めたもので、その成績も比較的良好であった。フィンゼンのこの実験方法によるときは、培養基の大部分を黒紙で被つて、少しの光でも通過させなければ、細菌は受光部以外の所にも発育出来るものかどうか、または接種した芽胞は、生活力を得てよく発育を遂げるものかどうかのような問題に対して、容易に解答を与えられるものである。受光させた細菌で現す文字は、前に述べたように培養基の受光部にある細菌の発育を、阻止するまでの時間で知ることが出来る。細菌が障礙されたり、死滅したりするには、あの集合光の熱はこの関係に与らないのである。若しもこれに熱作用が影響するものと假

定すると、受光部ばかりではなく、文字の下やその側の細菌までも、ともに死滅しなければならない筈である。

集合光では光の作用が著しく増加することは、弧燈試験に従つてもよくわかる事である。約四〇〇〇燭光×二五アムペアの弧燈の光を集めて細菌に働かせてみると、通常の光では細菌の発育阻害に一時間半以上もかかる、その死滅には八時間から九時間も要したもののが、僅かに一五分乃至二〇分間で足りるのである。

化学線の要義

光と細菌との関係を考究するときに、極めて必要な観察は、光のどの放線が細菌を殺滅するのに、力があるのかということである。通常吾々の認識出来る光は、細菌の発育を抑圧するものであつて、屈折係数がだんだんと増加するに従つて、その抑制力も強くなつて来て、一番強く屈折する光線が最大の威力をもつてゐることは、現在の学説ではもはや異論のない筈である。従つて青色、紫色光線及び紫外線のような波長の短い光線は、波長の長い光線に比べて、より強い殺菌力をもつてゐるものである。

マーシャル・ワールドはスペクトルムのどの部分に、殺菌力があるのかを厳密に実験した人である。彼は寒天扁平培養基を用い、脾脱疽菌やその他の細菌を接種して、太陽の光と弧燈の光のスペクトルムとで別々に曝してみた。それにはその一部分を硝子で被い、他の一部分を石英板で被つたものを太陽の光のスペクトルムで五時間照輝したものと、同様にして弧燈のスペクトルムで一二時間照輝したものとの細菌の状態を比較検討したのであるが、緑色光、青色光及び紫外線を受けた培養基では、細菌の発育は妨げられていたが、赤外線、赤色、燈色及び黄色光線を受けた部分では、細菌はよく発育状態を示していた。また石英を通過する弧燈の光では、その効力は遠く紫外線の外側にまで及んでいたが、硝子面を透過した方の光は殺菌力を失っていることを知つたのである。

そしてマーシャルは「殺菌力ある光はスペクトルムの青紫色の部である」と報告している。

紫外線

ストレーベルは紫外線の要義を研究して、スペクトルムの紫色部を遠ざかる波長の短かい紫外線が、細菌を殺滅するのに最も効力のあることを確め、感應電流のカドミニウムとアルミニウムの両極間に発する火花で證明した。紫外線の生物学的意義は、第七章「人体皮膚に及ぼす光の作用」の所で詳しく述べよう。

フィンゼンの石英集光装置

一九〇三年フィンゼンは、硝子製レンズを石英製レンズに代えた集光器で、炭素棒の極から発した弧燈光の紫外線を透過させて、殺菌力の試験を行って、遂に大いに見るべき効果を齎したのである（図12）。

石英集光装置を通過する光は、靈菌の培養を二秒から三秒間に死滅させる効力をもっていたが、硝子製のものであると同等の結果を得るには、少くとも三五分間以上を費さねばならなかった。弧燈光が紫外線を多量に含むことは、汎く吾々の知っているところであるが、石英はつまりこの紫外線を十分に透過させる性質をもっているものであるが、硝子はこれに反してその大部分を吸収して、屈折の少ない一部だけを通過させるに過ぎない。従ってその殺菌力は、石英よりも遙かに弱いわけである。

屈折係数の大きい光は、スペクトルム紫外線の外部にも及んで細菌に非常に著しく作用するが、硝子を通過するときはその効力がまた著しく減ぜられるから、普通弧燈の紫外線を治療に応用する場合には、必ずしも石英レンズを用うることになっている。

太陽の光の集合

太陽の光は霧気中を通過する間に、紫外線の大部分を失うが為に、地球の表面での紫外線の量は、他の加工光線と比較して、少量であることが免れない。であるから、太陽の光を集合しようとするとき、徒らに高価な石英レンズを用うことば甚だ不経済である。しかしフィンゼンは紫外線の内方の一部分には、硝子を

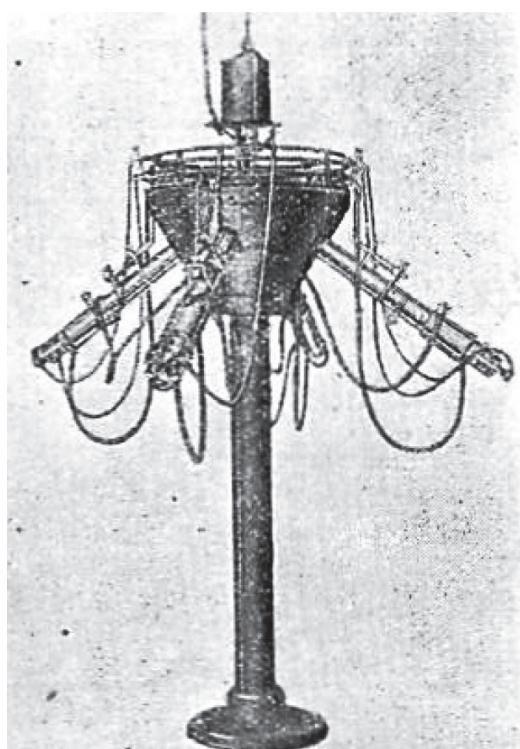


図12. フィンゼンの石英集光装置

も通過し得る性質のあるものを発見した。つまり一方には硝子レンズで、他方には石英レンズを以て集光し、これを綠膿菌の培養にそれぞれ試みたところが、前者では五分間、後者では三分間を要することを知った。勿論これは実證ではないが、ただ紫外線の区域にある放線には殺菌力のあることを知るに足るのである。

ヘルテル等の実験

一九〇四年ヘルテルはマグネシウム光の発する強度の紫外線が、種々な細菌を短時間内に死滅することを述べ、チフス菌、コレラ菌、大腸菌等の懸滴標本を作り、光にあてて顕微鏡下に検したところが、細菌の死滅する時間は懸滴の部位によって異なるもので、上部のものは六〇秒間、下部のものは二九秒間、中間のものは四〇秒間を要した。そして受光後この露滴を培養基に塗布し、発育要件を施して培養に努めたが、遂に発育が出来なかった。

チーレとウォルフが「青色の岩塩は紫外線以外のすべての光線を吸収する性質を備えているから、これを透して太陽を望むときは全く暗黒に見える。そして今この青色岩塩液を以て細菌培養菌を蔽えば、多量の紫外線を含む光のみが通過するから、殺菌力は著しくなり、従って室を岩塩で暗く塗るだけでもよく紫外線を放射して、殺菌の目的を遂ぐるものである」ということを證明した。

フィンゼンの門下生であるワルデマール・ビーが、スペクトルムの各区域によって、その作用が違っていることを立證せんと試みた。先ず靈菌の寒天培養器を使って、二五アムペア×四〇乃至四六ボルトの弧燈、即ち約六〇〇〇燭光の集合光線を具え、その熱線を遮る為に適當な冷却装置を設け、そして集合装置と細菌培養基との間に種々な液を充した硝子管を一列に並べ、硝子壁の厚さを一樣のものとして、その上で各部のスペクトルムを綿密に測定して硝子管を通過させてみた。この予備実験の結果、純赤色の光即ち七六〇億万分乃至六五六億万分の一耗の波長をもっている光線が、殺菌力を現すものであることを知った。この光を以て九〇分間照輝するときは、細菌の発育が減退し、若し赤色光の代りに橙色光と黄色光とを混じたときは、一八分間以内で同じ効果の挙がることを知った。また七六〇億万分乃至五四一億万分の一耗の波長の光線では、九分間以内で殺菌したのであった。このようにビーが極めて強い光線を実験に使用したのに鑑みて、吾々は弱屈折をする光線の効力は極めて僅かで、これ等の光線には細菌が長時間抵抗し得ることを自ら推知し得るわけである。すべて波長の長い光線には殺菌力がなく、また赤色や黄色光線は細菌の発育及び繁殖を阻害するものであるが、これ等にも一面にはこれを促進す

る力を具えているものである。その他有色スペクトルムの各部は殺菌作用のあるものではあるが、光の強さが一定程度にまで高まらなければその効果はないのである。

ビーはまた波長の長い光線を、波長の短い光に混じて試験してみたが、殺菌力の著しく減退しているのを知った。例えば緑色光を混ぜた場合では、培養を衰弱させるのに六分間を要し、全く殺滅するには四時間も持続放射をせねばならなかった。そしてその波長は七六〇億万分乃至四六〇億万分の一耗のものであった。赤色、橙色、黄色、緑色、青色及び一部の紫色光線で、その波長が七六〇億万乃至四一八億万分の一耗のものでは三分間で培養の活力を減じ、二時間でこれを殺滅した。波長の四二六億万分乃至四一八億万分の一耗の屈折係数の大きいスペクトラムの混合した光は、その効力が非常なもので、四五秒間で細菌の活力を減退させ、八〇分間に完全に殺菌した。全有色スペクトルムを包括した光だと、細菌の発育を阻止するまでに、二〇秒間を要し、その殺菌には三五分間を必要とするのである。

認識紫色スペクトルムに隣接する紫外線は、その波長が三〇〇億万分乃至三五〇億万分の一耗であって、よく硝子をも通過する性質を備え、全スペクトルム光力の二倍の威力をもっている。更に外部紫外線になると威力が一層増加して、二〇〇億万分乃至二九五億万分の一耗の波長を有し、硝子には吸収せられるが、石英を透過する性質のあることをビーは証明した。また内外紫外線は、各々その作用を異にするものである。石英を透過させてこの殺菌力を比較してみると、石英を通過するときには一分間を要し、硝子を通過するときには一二分間を要した。ビーの説によると、波長二〇〇億万分乃至二九五億満分の一耗の紫外線の効力は、波長二九五億満分乃至七六〇億分の一耗の間にあるスペクトルムの効力の十倍或いは十二倍であるといっている。

ソーファス・バンクはフィンゼンの門下生で、ビーよりも一層綿密にこの紫外線を測定した人である。彼はその実験装置をマーシャル・ワールドの方法に倣って、炭素弧燈のスペクトルムの各部の効力を直接に研究し、遂に紫外線の細菌に及ぼす作用を曲線に描画して、二大極点を発見したのである。なおバンクは炭素弧燈のスペクトルムでは、外部極大点の殺菌力は内部のものより二百倍乃至三百倍も強くて、青色スペクトルムの殺菌力の三千倍乃至四千倍に相当するといっている。ジュードンネは紫外線を吸収する硫酸キニーネの一%溶液に光を通過させると、殺菌力が三分の一に減ずることを証明している。このように多くの実験と測定の

結果とを総合して考えてみると、屈折の強い外部紫外線が非常に殺菌力の遅しいことになる。

種々の光源

スペクトルムの領域が異つて来るに従つて、殺菌力もまた異つてゐる。或スペクトルムは細菌の発育を急激に阻害するのに反し、他のスペクトルムはその障害を徐々に及ぼす作用のあるように、やはり光源を異にすることから、自らその作用にも異動のあることはいうまでもないことである。ジュードンネはチフス菌、脾脱疽菌等の生きた菌体は、散光では五時間、九〇〇燭光の弧燈では八時間、電気灼熱燈では一一時間、直射太陽光線では一時間乃至一時間半でその芽胞の殺滅せられることを実験した。しかし太陽光線や散光の効力は種々な原因に基いて、その強さに変調を來すものである。例えば春夏秋冬とか、或いはその時刻とか、この他位置、地勢、晴曇、風雨等によって違うものである。であるから天然の光源から發する光の殺菌力は、時と場所に応じて変化して、決して一様なものでないことを知らねばならない。

加工光源では右のような欠点はないが、なお、周囲の状況に支配せられるものである。例えば細菌と光源との距離とか、或いは光の培養基に射入する角度とかなどによって差異の生ずるものである。若しそれが弧燈使用の場合であるとすれば、電流の強さ、電極の化学的性質、炭素棒の厚さ等によってかなり影響せられ、また試験管培養基が硝子製である場合には、光線を吸収することも一様ではない。なおまた培養質の吸収や反射などが一様ではなく、その上に培養基の細菌面が不均齊の状態であるときは、光がその作用に影響を及ぼすものであるから、細菌の対光抵抗力を実験的に測定するには、以上のような要点を十分考慮する必要がある。また箇々の細菌の抵抗を比較しようとするときには、外部の條件を同一にしなければならないことも大いに注意すべきことである。

温度

細菌の実験には周囲の温度が光の作用の結果に大きな影響を与えるものである。バンクは三〇度の温度よりも四五度のときの方は、その作用は速かであって、温度四五度では肉羹汁培養基の靈菌の懸滴標本を三〇秒間で殺滅したものが、三〇度の温度では一分間を要した。チーレとウォルクは光学の実験に於いて、培養基を温めたところが、紫外線の作用を高めるばかりではなく、効力の微弱な認識スペクトルムでも、すべて細菌が少しでも熱作用を蒙るときは、早くもそこに殺菌作用の営まれていることを知ったのである。けれどもすべての化学的作用は容易に熱に移行するのが常である。

るから、この関係を明かに認むることはなかなか困難なことである。

寿命

実験に使用する培養の寿命も、亦光の作用から脱れることは出来ない。バングによると靈菌の抵抗力は、培養を重ねるに従って増加する。これは細菌が長い寿命を経る間に、光に対する慣習性を受ける為である。バングは肉羹汁培養の靈菌の懸滴標本を、三五アムペア×五〇ボルトの弧燈を使用し、二八粍の距離から四五度の射入角度で、温度三〇度に温めて三時間照輝したが、約一分間で死滅した。しかし同じ温度で、一〇時間乃至一五時間も培養したものと、前記の弧燈で照輝してみたが、これを死滅させるのに約三分から五分の時間を要することを実験したのである。

感光の差別

培養物の寿命、温度の影響及び周囲の状況を顧みないで、光に対する細菌の抵抗力を試験してみたが、その結果は千差万別である。これは細菌の原形質は種類によって各自に異っていた為に、その感光力も自ら異なることによるのである。つまり、或種類のものは、比較的多くの有害光線を吸収するのに反して、他の種類の

ものは少しの光線より吸収しないのである。そしてこの反応の如何ということは、細胞原形質の特質に基くものであって、これが為にどんな実験の場合でも、たとえ外部の條件を均等にさせてみても、細菌の種類が違うときは強い光でも阻害せられ、殺滅せられる時間に長短のあるのは免れ得ないのである。

ラルゼンは三五アムペア×四四乃至四六ボルトの弧燈の集合光線での殺菌時間並びに発育減弱時間を計って左の図表を作った(図13)。

このように細菌の種類が違う為に、その影響も一様ではなく、種類の極めて類似している細菌でさえも、なお差異の著しいものがある。今前図表を見ると、光が一定の細菌を殺す時間と、同種類の細菌の成長を阻害させる時間との間に、何等数字的関係のないことは自ら明かである。

結核菌

結核菌と光との関係についての研究は、従来から多くの患者によって試みられた。バングは結核菌の表層培養を弧燈光源(三〇アムペア×五〇ボルト)から一二〇粍の距離に置いて、光の射入角を五〇度として三五度の温度で照輝したところが、六分間でこれを死滅させた。

ロベルト・コッホ等の研究によると、結核菌は直接太陽光線では短時間内に死滅するものであって、細菌層の厚さによって数分間乃至二時間の照輝光を要した。また結核菌の純培養を窓の近くに置いて、散光で照らしたときは五分乃至七時間で死滅するものである。

芽胞

細菌の芽胞はこれを植物性胞子に比べて、熱乾燥及び化学的作用に対してはその抵抗力は遙かに大きくて、また光に対しても強い。例えれば脾脱疽菌や枯草菌の芽胞は、植物性胞子よりも抵抗力が強いのである。しかし脾脱疽菌などの芽胞も発芽のときには、その抵抗力の一部分を失うものである。

ワクチン

動物の天然痘ワクチンを毛細管に入れて、散光或いは直接太陽の光に終日曝らしても、何程の変化をも与えられない。フィンゼンとドライエルは、強い弧燈の紫外線にこれを曝してみたが、一〇〇秒から二〇〇秒間以内で、ワクチンはひどくその能力を失って、遂に全く分解するまでになったことを観察した。

靈菌の培養も、この強い弧燈の紫外線にあっては、四〇秒時間で全く死滅するものである。若しそれが赤色光線であるときは、たとえ三〇分を費しても遂にワ

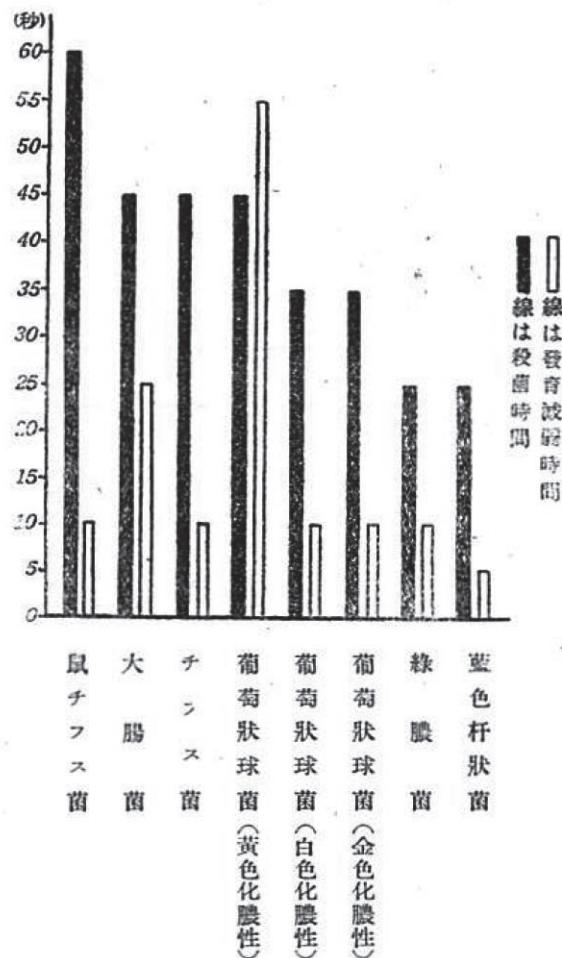


図13. ラルゼンの弧燈集合光線による殺菌並びに発育減弱時間の図表(35アムペア、44~46ボルト)

クチンの絶滅を見るに至らないのである。吾々が天然痘に罹った際、赤色光線が必要であると説く所以は、實にワクチンに対して赤色光線のもつこうした關係によるのである。

醸母、糸状菌

フルデマール・ビーは醸母及び糸状菌も亦感光性をもっていると声明している。これ等は極めて強い光でなければ殺滅することが出来ないので、これを細菌に比べるとその抵抗力は余程大である。靈菌を一分間に殺滅させるだけの光を単位として比較すれば、この光でサッカロミース・アピクラツース (*Saccharomyces apiculatus*) とモニリア・カンジア (*Monilia candida*) を殺滅するには五分間を要し、またトルラ (*Torula*) とクラドス・ボリウム (*Cladosporium*) には三〇分間を要し、黒褐色糸状菌 (*Aspergillus niger*) は實に九〇分間で初めて死滅する。且つ色素を成生する種類は、色素を成生しないサッカロミース及びモニリアよりも抵抗力が更に強大である。

光の間接的作用と直接的作用

光の殺菌力はいかに説明すべきものか。換言すれば光は殺菌力を現す為には、どんな條件を必要とするかは、化学的に緊要な問題である。人工的培養が光の為に左右せられることから推考して、光によって先ず培養基が変化して、しかる後にその発育と生活が損傷せられるものという考もあった。しかし嘗てドーネスとプラントが、光は間接にも作用し得られるものとの考から、彼等が使用した特殊な培養基、所謂パストール溶液を用いて照輝によるだけでは、十分な殺菌性がないことを證した。

ルーは実験の結果、ドーネス等のように、やはり光が間接的作用のあることを見出した。ルーはそれへ脾脱疽菌の芽胞を植えてみたが、もはや発芽するに至らなかった。また、二時間から四時間受光させた羹汁培養基に、十分に発育を遂げた脾脱疽菌を植えたが、受光させなかつたものと同じように無事に繁殖した。であるから、羹汁培養基を光に曝すときには、そこに変化を起して、芽胞の発育を阻止するが、発育を遂げた細菌は、その成長を阻止されることはない。たとえ羹汁培養基で発育出来なかつた芽胞でも、それはまだ枯死したのではない。それは一二日後になると、受光した羹汁培養基中でも、通常のように発育して、その状態は少しも受光させない羹汁培養基に植えたものと變りはない。このように観察して來ると、光は直接に細菌に作用を及ぼすのではなく、また細菌の原形質を破壊するのでもなく、それは唯受光の結果、培養基に化学的物質を生じて細菌に有害な働きを醸すが為である。

過酸化水素

過酸化水素が殺菌力のあることは、人のよく知っているところである。今、培養基を光に曝すときは、光と空気とによって過酸化水素が発生する。元来この過酸化水素は強い酸化力をもっているものであるから、一面また殺菌力を武装しているわけにもなる。そして光の殺菌力というものは、主としてこの過酸化水素の発生することに負うているから、培養基の受光した部分は、この発生を促すのには實に好適の場所である。かのスペクトルム中の強屈折光線の化学力は、つまりこの過酸化水素を起させるものである。

ルーは実験の結果、受光した羹汁培養基に脾脱疽菌が発育しなかったのは、過酸化水素発生の為であって、極めて強い弧燈を用いると、この培養基に多量の過酸化水素を発生させて、細菌を殺滅することを知ったのである。實際酸素の存在する所で、適當な培養基に生ずる過酸化水素の量というものは、これが作用をする光の強さに比例して増加するものである。しかしながら一方ビーは、強い殺菌力を現す外部紫外線は過酸化水素の発生に、殆ど関係がないともいっているのである。外部紫外線が過酸化水素の発生に及ぼす影響は、その激烈な殺菌力に較べると實に僅少ではあるが、光そのものが殺菌力を備うるということは、化学的組織の上から過酸化水素を全く発生し得られない培養基に於いても、立派に認めることが出来るのである。例えは蒸溜水或いは葡萄糖溶液に入れた靈菌の培養は、光によって速かに死滅するものである。そしてこれは、あの羹汁培養基に光の作用を受け、過酸化水素を発生させた場合よりも、死滅の速度は大きいのである。蒸溜水や葡萄糖溶液は、光を受けても過酸化水素を発生させないのである。

まことにビー、ヘルテル、チーレ及びウォルフ等が報告したように、光の殺菌作用は培養基に殺菌物が生じた為ではなくして、光が細菌自身に及ぼした直接の作用によるものである。

現今では、まだ光が細胞そのものには直接影響する例を見ないのであって、従って光の作用の説明には自ら制限がある。それは光の吸収せられることから起るものであって、この吸収せられた光線によって、発育及び生活力を阻害さすところの化学変化を、細菌の原形質に起すものといい得るに過ぎないのである。

酸素の補助的影響

細胞原形質の変化は、酸化作用に起因するものである。酸素の存在ということは、果して光の作用に影響するものかどうか、つまり酸素がなければ光の殺菌力も低減せられるものかどうかを詳細に実験した結果、

光の殺菌には酸素は何の関係もなく、また受光中、酸素を発生する余地のない場合でも、光それ自身は平然としてその作用を続け得る力—可能性が十分にあることをビーは確めた。要するに、酸素は光の能力を補助するに過ぎないのである。しかし光に化学的光線を含むことが少ないと、或いは光の組織上、殺菌力の微弱なときでも、若し酸素が存在すれば、その殺菌力の著しく増加することはこれまた事実である。ドーネス及びプラントなどは、光が酸素と協力して働く場合には、単独に作用するときの二倍の能率をもつているとさえいっている。ビーの説によると、細菌を紫外線の多い弧燈に曝らしてみると、細菌と酸素とがお互に接触するかどうかは、さほどまで両者の作用には関係をもっていない。しかし若し光が硝子を通過して、紫外線を濾過したときに、酸素が作用するとしないとによって、細菌の抵抗力に著しい差異を来たし、更に外部紫外線ばかりでなく、他の化学線の一部までも除去したときには、この差異が益々甚しくなるものである。若しその光が強く屈折する紫外線を多量に含んでいたのであれば、酸素が存在しなくとも殺菌力のあることは、既にビーも證明したところである。

毒素

光が毒素や抗毒素に及ぼす影響の研究は、相當な域に達してはいるが、光は一般に試験管内で、その毒素の本質的蛋白質を弱め、殊に波長の短い光から作用されることが大きい。しかしながらタバイネルとその一門の研究によると、波長の長いものでも毒素や抗毒素の感受力が増すものであることを報告している。

毒素の抗光性の弱いことは通説であるが、しかしながら例外がないでもない。例えば結核菌の産物のようなものはそれである。結核菌の毒素は如何に強力の光を当てても、これを弱めることができない。試みにツベルクリンを水銀石英燈で一五分間も持続照射しても、僅かにこの液が溷濁するのみである。この濁ったツベルクリンで、ビルケの皮膚反応を完全に誘発させる事実に徴しても、光の作用の乏しいことを知るに足るものである。

これに反して破傷風毒素は抗光性が弱いもので、ベーリングはこの毒素を日光に曝し、或いは直接光に当ててその弱まることを実證した。

すべて毒素の光によって弱められるのは、その成分たる膠質様物質、ペプトン、アルゴモーゲンが短い波長で障害せられるからである。

正常の血清も、その補体、凝集素、抗毒素が容易に紫外線によって、その作用力を失うに至るものである。光線に曝した新しい馬の血清を、能動的に過敏にさせ

た天竺鼠に注射するも、少しの反応も起さないのである。この血清の沈降元は寧ろ増加しているにも拘らず、上記のような結果を齎したのである。

ゾンチはジフテリ毒素を注射した天竺鼠を、炭素弧燈光で強く照射して、ジフテリアの有害作用を阻止し、或いはジフテリアに罹った鼠でも、その病勢を弱めさせた実験を報告し、その生体内に於いても光が影響のあることを知らしめた。

ステプリーはチフス菌を注射した動物について、高山に於いてはその血液の凝集素量は、谷間の動物よりも早く減ずることを報告して、このような成績は太陽の照射を遮断することによって、前に述べたような結果が著しく現れるものだというように結論している。

フィンゼンは同様の事実を人体に試みている。即ちチフスワクチンを注射して血清を検べたが、人工光浴を施すとその凝集素量が多くなる。そこで彼は光によって血清の凝集素量は増加するものか、或いはその減弱が僅かであるのかはわからないが、いずれにしてもその増加の状態を示すものであるといっている。

天竺鼠を人工太陽光によって照射するも、凝集素量の増加には余りに影響を及ぼさないが、予め凝集素を加えた動物を光に当てるとき、凝集素が一時的には増加するが、数日を経ると再び減少するものである。

光の衛生に及ぼす影響

細菌培養基に及ぼす光の殺菌力は、既に詳説したところであるが、自然界に於いても亦光は細菌に影響して、その発育を阻害したり、或いは殺滅したりする力をもっているものであって、その殺菌力の強弱は光自身の増減に比例することはいうまでもない。直接の太陽の光は、十分な殺菌の可能性をもっているものであるが、周囲の條件が細菌の繁殖に適応しない場合には、全く人工培養でのときと同様である。しかし自然界にあっては、細菌は自己の生存を侵害するすべての條件を、排除しようとする傾向が強いのであるが、人工的の培養では、却って細菌の抵抗力を衰弱させる傾きがある。であるから、作用するものは同じ光であっても、両者に対する影響には自ら差異のあることは免れない。

実に太陽の照すところは、やがて細菌の刑場であって、陽気の発するところには細菌はその存在を失わなければならぬ。日光を求めて居を卜する人類は、日光を恐れて暗所を好む細菌の侵襲より、先天的に免れ得ていることを感謝しなければならない。このように日光の麗らかな空気の流通のよい室には、細菌もその繁殖の手を伸ばすだけの余地がないのであるから、寝具とか洗濯物等は常に日光に曝すべきはいうまでもないことである。

フォン・エスマルヒは、敷布の表面及び洗濯物に付着した細菌も、二時間から三時間ぐらい日に曝せば、死滅することを実験的に證明して、衣類や日用品を日光に曝せば、少くともその表面の細菌だけは殺滅出来るといっている。なおエスマルヒは脾脱疽菌とチフス菌等の病原菌を衣類のようなものに付け、屋外に出して日光に曝し、一方また或ものは暗室内に保留して置いてから、その物品の一片を各々切取って人工培養を施してみたところが、日光に曝したものは細菌の増殖を見なかつたが、暗室に保留したものは通常のように、細菌の繁殖しているのを見たのである。しかしたとえ日光といつても、奥深く巧みに潜んでいる細菌を殺すことは出来ないものである。ただ単に物の表面に付着した細菌の殺滅には、大きな効果があるのみであるが、それにしても日の光が強くなるに従って殺菌力もそれに比較して増進する経験上、病人を十分な日光の直射する所で静養させることは良好な治療法である。この意味に於いて清朗な天気の常に麗日を戴く南国は、自ら細菌の跋扈より免かれて、病魔の治療に適していることがよくわかるのである。或学者はミクネスコーはイタリヤの温泉場で、結核患者の喀痰を麻布に付けてこれを乾燥し、日光に曝らしてみると、二四時間乃至三〇時間以内に結核菌の死滅するのを実験したといっている。ウィットリンも都市の塵芥も強い日光で消毒し得られていることを述べている。

土着のアメリカ人種に、所謂靈皮を具え、悪病不潔の挫傷も容易に且つ迅速に治癒し得られると信じているのがある。これはすべて色素に富んでいる皮膚(アメリカ土人のような)は、白色人種のような色素の少ない皮膚に比べて、外界の障害に対する抵抗力が大きい為である。創瘍の治癒には熱帶地方の太陽の効力が大きいことは疑いない。わが国でも三輪徳寛博士、前田友助博士のように潰瘍に日光浴を施してその創傷が、驚くほど速かに治癒せられることを実験した学者もある。これは単に光の殺菌力を示すばかりでなく、光が皮膚に特別の作用を与える結果、その治療効力を高むることを知ることが出来るのである。

光が人体の表面だけではなくて、内部深く透入して細菌に有害な作用を起すものかどうかは、これを後に譲るとしても、太陽から発する無量の光は、吾々を囲繞している雰囲気や、地球や物体の表面を清浄にして、細菌の繁殖する余地をなからしめるものである。まことに無償無代な上に最効力のある消毒法として、吾々が太陽に負うところは實に甚大なものである。

河川の清浄

河川が天然自然に清浄であって、静かに碧水を湛えた所は、これまた光の殺菌力に起因することが多いので

ある。今若し、河川に糞尿を投入すると、暫くのうちに腐敗物や細菌を滅尽してしまうであろう。それではなぜ河川はこのように好都合に処理する能力があるのか、興味を唆る問題である。それはすべての固形物は、その重量によって速かに沈澱し、残りの液体は植物によって分解せられるが、殊に深い所に生えている藻類は、溶解した物質を自体に吸収して養分とするからである。しかしこの作用も、やはり日光の力を借りて営まれるのである。更にまた河川が自ら清浄を保っている理由は、流水には一面、細菌に適応した養分が欠けているとともにその温度が余りに低く、且つ酸素の酸化力が相呼応して細菌の増殖を阻害する為である。日光の水中での殺菌作用は、早くから知られたところであって、既にブフェルとその弟子等によって立證せられていた。日光が水面を直射すると、細菌は著しくその数を減ずるのである。また流水中に生存している芽胞は、昼夜に従って規則正しい繁殖増減を行うものである。これは日光の照らすと照らさないとによるものであって、その芽胞発生の極大値に達するのは曙の頃で、極小値になるのは日没の頃である。つまり、日の出から日没までの間は光の為に芽胞は減少し、夜を通じて曙に至るまでの間に増殖するのである。ブフェルは河川の清浄は光に負うものであって、その芽胞は水中に放射された日の光によって、減少することを断言した。また夏期北回帰線にまで来た太陽の赫灼とした光熱は、非常な殺菌力をもつていて、長時間に亘って河川にある細菌の発育を休止させるものであるといっている。

ビーは嘗てライン河及びアール河畔に於いて次のような実験を行った。それによると、ケルン市の下流三糠の点に来ると、市街の暗渠がライン河中へ沢山の細菌を流し込むにも拘らず、その半数は既に死滅し、更に下流三八糠の地点になると多数の不潔導水管が河中に導かれているにも拘らず、河水の細菌含有量は市街の上流よりも少ないのである。またベルン市に沿ってアール河の下流に於いての実験でも、細菌の含量は市の上流に比べて十倍以上であったが、秋晴れの日には二〇糠の下流でさえも五時間を出ないうちに、その含有量は上流と殆ど均しくなっていたということである。

光の殺菌力が水面以下に及ぶことは事実である。ブフェルは寒天培養基を密閉して空気と水との浸入を防いで大きな水槽の底に沈め、太陽光を投射させてみたが、培養に及ぼす光の影響は、水の外にあったときと少しの変りもなかった。次いでブフェルの或弟子は、スタルンベルゲル湖でまことに興味のある実験を試みた。彼は実験室で取扱うものと同じ寒天培養基を使い、しかもその硝子皿の底面には墨字で書いた紙を貼る代りに、ブリキ製の十字形を置き暗箱に入れて、その皿を

各々半米の距離に保たせて、これを倒にしてから長い棒に結び付けて、水の澄んだこの湖水にまっすぐに沈めて適宜の所へ安置した。この実験は九月一四日空も朗かな日であった。

放置すること四時間でこれを取出し、実験室に携えて孵卵器に納めたところが、光の作用は一・六米の深さまで達し、その範囲内に置かれた容器の芽胞は発育を遂げ得ないで、二・六米の深さにあった培養基では受光した芽胞と、日蔭にあった芽胞との発育には明かな差異があり、三・一米の深さに於いてはその差が益々顯著であった。

この実験によればすべて透明な水中での光の影響は、二米の深さに達してもなおよく細菌に作用する可能性のあることを知り得たのであった。

海水の芽胞含有について

海水中の細菌含有量は、表面に近づくに従って深所よりも少量であることは、スタルンベルゲル湖に於いて行われた実験の結果でも明かである。熱帯地方で測定した結果によると、一〇米の深所には表面にある細菌含有量の十倍の割合であるとされている。しかしこの実験をするには、天気が快晴で無風状態のときでなければならない。天候が悪く波騒ぐときは、到底その差異を認めることが出来がないのである。ノルウェーの海水でも同様の試験をした人があったが、その実験によると、海面からいくらも沈むことがなくとも芽胞の数は二倍に増加し、一〇米から二〇米の深所になると表面の数の約十倍となった。こんなに北方の海水にこのように繁殖が盛んなことは、熱帯地方のように太陽の光が強烈でないからである。

こうした関係からみて漁場の北方に多いことも、十分頷けられることであろう。

細菌の新陳代謝産出物

細菌が生成した新陳代謝産出物は、光の影響を被るかどうかは一顧に値する。ドーネスとプラントは進んで光を治療上に用いようとして、緊要な問題を解決した。彼等は嘗て蔗糖酵素を空气中で数週間も日光に曝して、その糖化力が非常に減退することを実験した。更にその実験を幾度となく繰返したが、最初のうちは反対の結果を齎したが、途にその真実であることを確めることができた。普通では太陽光線が糖化素を侵す場合に、酸素の存在が必要であるが、紫外線に限っては必ずしも酸素の存在を俟たないで、よく酵素の力を失わしめるものだということを確定したのである(ヨドルウエル)。過酸化物及びカタラーゼ等の酵素は、光に感じ易く、可視光線であっても、また紫外線であってもその

何れのものにも作用せられるものである。ただ認識スペクトルム光線の作用には、酸素の存在を必要とするものであって、若しも酸素が欠乏すると光の作用を受けることはない。フォン・タパインエルは紫外線のときには酸素の存在を要しないといい、またヘルテルの研究によると、波長百万分の二八〇粨のマグネシウム光が発した強力な紫外線では、凝乳酵素と糖化酵素の酵力を微弱にさせるか、或いは全く無効なものにするということである。

ヘルテルの発見したところによると、ジフテリヤ毒素に波長百万分の二八〇粨の紫外線を作用させるときは、五分間も経ない内に血清効力を失って、これをいかに注射しても試験動物は依然として健康を保っている。なお抗毒素には三〇分間も照射したが、まだ光の影響を受けるようにはならなかった。しかしトリプシン糖化酵素と凝乳酵素とは比較的短時間でも既に光の影響を現すことを実験した。

第五章 細菌とその他の微生物に及ぼす光の刺戟

細菌が光の為にその発育を阻止されることは、既に前章で詳しく説いたところである。この両者の関係についてただ究理的方面のみでなく、実地的方面、殊に衛生上に於いても緊要な関係を保っている所以をも一瞥した。すべての細菌は光の影響を被ることによって、常にその感受性が昂まつてくるという一般的通有性をもっていることは、多くの学者の任用しているところであるが、なおここに光と細菌との間には、更に他の関係によって結ばれているものがある。

多くの細菌について考察してみると、光は一面細菌に有害な暴威をしかも容赦なく与えるが、また一方にはその生活力を燃んにして、その発育を促進していることもある。強力の光は微生物にとっては、勿論恐るべき敵ではあるが、弱い光こそは彼等の生存上に、欠くことの出来ない刺戟作用を与えるものである。光の刺戟は生物に対してずいぶん多種多様な結果を齎すものであって、細菌の反応などのようなものも光に負う作用である。まことに生物の生命を支配する光の多方面に亘る影響には、驚くべきことが無数にある。単に所謂細菌ばかりではなく、すべて下級な発育を遂げる植物性微生物や、辛じて動物の域に列すことの出来る細胞体も、光の作用を受けて反応を起すものである。そしてその反応に至ってはまた錯雜極まりがない。これ等の下等生物も亦光の作用が強烈に過ぐるときは、その感光性が亢進して死滅に至るものである。しかし生命にこのような変化を及ぼす為には、光に一定の性質が必要である。また或種類では細胞原形質が光の刺戟を受け、これを吸収して特有な生活現象を示すものもある。その構造が低級で比較的簡単な生活をしている下級植物と、単細胞性動物との区別の分明しがたいようなものにあっては、光によって起る反応は植物性であつても動物性であっても、その微生物に与える影響はともに同一の径路を辿っている。

それであるから簡単な構造をもっている原形質動物に及ぼす光の作用を以て、研究上その単位と見做しても敢えて差支えがないと思う。

運動刺戟

生活している原形質に及ぼす光の関係を述べる前に、第一に研究しなければならないのは運動現象である。藻類、滴虫類及び細菌等は運動を営むに際して、光の影響を受けるところの性質をもっている。それは原形質の内に含まれている葉緑素、或いは葉緑素に類似している色素を含む或单一体である。また無色の单細胞微生物にも、同様の現象を起すものがある。光は常にこれ等諸種の生物体の運動に於ける速度、方面、状態

及び時間に対して、大きな影響を及ぼすものであって、そしてこうした場合でも光線とか、運動とか、その反応の強さとか、性状などは作用する光の種類、強さ及び方向によって異なるものであって、また受光性、その特性、その固体関係によつてもたたせられるものである。

エンゲルマンの説明

エンゲルマンは光学運動的反応について、少なくとも左記の根本的に異った状態で、光が下等動物の運動に影響するものであることを證言している。

- 第一 何等の感覚をも起すことのない瓦斯交換の変化
- 第二 瓦斯交換の変化及び呼吸に伴う感覚
- 第三 特異的機能の興奮

硅藻類

原形質に葉緑素或いはこれに類似した色素を含有している藻類、即ち硅藻 (*Diatomean*) と顫藻 (*Oscillatineon*) (図 14, 15) の運動は、酸素が存在しているかどうかによつて異なるものである。であるから、今假りに酸素を奪い去ったとすると、立ちどころに運動を中止するが、これに酸素を供給してやるときは、再び運動を続けるようになるのである。そして最も活発な運動をするときは、酸素の圧力が大気の圧よりも遙かに低いときであつて、この運動がまだ極度に達しなければ、酸素の張力増減はやがてこれ等の運動エネルギーの増減となって現れるものである。若しまた周囲に酸素が存在しなかつたならば、光と葉緑素との作用によって運動に必要な酸素を自ら生成するのである。従つて暗所にあるときは、酸素を生成することが出来ないから、運動も自然に中絶するが、これを少しでも供給すると再び運動を開始するのである。外部からの酸素供給が十分である場合は、光は運動のエネルギーに大した影響をも及ぼさない。なお酸素を発生して運動を起させる光は赤色光である。

前述の藻類中、殊にこの運動をよく現す代表的なものは硅藻類であるが、その他細菌の中にも、光の



図 14. 硅珪 (拡大)

図 15. 顫藻 (拡大)

影響を受けてこれと同様な運動を惹起するものがある。例えばエンゲルマンの研究した塩素菌 (*Bacterium chlorum*) のようなものは、その酸素を欠いたときには白色、青色及び黄色光の部分に群がる傾向を示し、酸素の存在するときは光の運動刺戟には全く反応を起さないものである。

ゾウリムシ

滴虫類に属するゾウリムシ（図 16）も、酸素の張力が普通若しくはそれ以上に昇るときは、光に対して反応しない。これに反して酸素の張力が低下し始めると、不安状態を呈して、酸素の多い部分を探し求めるものである。例えば被蓋硝子板に水滴を滴下して、ゾウリムシを入れ、密閉しないで数時間暗い場所に保留するときは、ゾウリムシは被蓋硝子の縁辺に聚集するか、或いは被蓋硝子下の水滴に、若しも大きな気泡でもあれば、その周囲に群集して、ちょうど掩蔽しない水滴中にあるよう静止するものである。更に同じ条件の下で散光に曝してみても、ゾウリムシは群集しないで、酸素を十分に含む水滴中にあるときと同じように、所を撰ばず散在する。しかし今ゾウリムシを被蓋硝子板の下に入れて、少しも新しい空気がはいらぬように密閉してから、長時間暗室中に置くときは、酸素が次第に減ずるに従って、忽ち不安の状を現して来て、その体形は徐々に伸びて橢円形となり、その縦軸を中心として回転しながら、比較的早い速度で直線の方向に前進するが、これに数分間ぐらいう光を当てると（白色または赤色光線が最良である）、再び安静に復して扁平になる。このような状態にあるとき、引続いて外囲の酸素を減らすと、光に対して益々鋭敏に反応するものである。またこれを光のある明るい所と、光のない暗い所との境に置いて、一方へ移動させるか、或いはその体の後半を明るい方に、前半を暗い方に向けて置けば、忽ち光の方へその向きを転じていかにも暗所を忌み嫌う心あるもののような状態を示すものである。

標本を顕微鏡分光器の光で照せば、滴虫は緑色、青色、赤色光の方に移ろうと努力するが、若しも水滴に酸素を含んでいる場合は通常の状態のよろにして静止する。つまりゾウリムシは原形質の葉緑素の力によって、自ら酸素を生成して、不十分な酸素を補って均齊にしようとする現象を現すものである。^{なかんずく}就中赤色光線は葉緑素によって酸素の生成を助けさせて、減少した酸素の張力を償うのに力あるものである。

酸素の張力が極度に昂まれば、またゾウリムシは急に不安の状態を呈して、酸素の高い張力から避けようとして後方に遊泳する傾向を現すのである。またたとえ酸素の張力が通常であっても、忽然として強く照らされたときも、前と同様な運動現象を起すものである。

酸素が不十分の上に、光に照らされたときもやはり不安の状に陥つて、非常に激しく運動して矢のように迅速に暗い所に退いて、安静状態を保つのである。そしてこうした顕微鏡分光器の光の内で、一番恐怖させるものは赤色光線である。赤色光線が作用して酸素を発生すれば、体内の酸素の張力が増加して不安にさせるものであろう。ゾウリムシは酸素の張力が変化する微細な差をも感受するもので、この能力は光によって、運動に変化を及ぼすものである。通常狭義の感光性については説明することが出来ない。

緑色エウグレナ (*Euglena viridis*) (一名ミドリムシ)

ここでは他の動物の例を挙げて、光が運動を支配するところを述べてみよう。エンゲルマンの引用した緑色エウグレナは南方の海水に棲息していて、葉緑素を含有し、円錐形をした鞭毛虫 (*Flagellaton*) の一種である（図 17）。体の前部には葉緑素を欠いた無色の原形質があつて、その先きは長い鞭毛となって赤色斑がある。鞭毛虫は非常に感光性に富んでいて、酸素の張力にはさまで左右されない。水滴中にこの鞭毛虫がいるとき、その水の一部を照輝すると鞭毛虫が明るい所に集る。そして明るい所に群っていたときであれば再び動かない。しかし暗い所に行けばまた明るい所に集って来る。前進した鞭毛虫に後部から強い陰影を投ずると、赤色斑のある鞭毛と葉緑素を欠いた体の前部が、陰影内に隠されてしまうまでは決して反応を起さない。換言すれば葉緑素を含有している部分は、光とか陰影に対しては全く感應しないものであるらしい。しかし陰影が体の前部に達すると、忽ち前進運動を止めて向き直って、燈の前部を陰影内に入れるのである。であるから、鞭毛虫は光を感じるけれども、その感光性のある所は葉緑素の欠けている体の前部である。顕微鏡分光器に対しては硅藻類及びゾウリムシと異なり、赤色を好まず、スペクトルムの中、屈折の強い紫色の部分に群る性質がある。



図 16. ゾウリムシ（拡大）

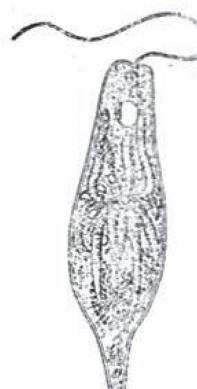


図 17. ミドリムシ（拡大）

紫色バクテリア

生物学者にとって極めて興味のあるものは、淡水や海水中に棲息しているエンゲルマンの所謂紫色バクテリア即ち分裂菌であろう。これは同種類の硫黄バクテリアと同じように、硫化水素が存在していれば硫黄粒を体内に摂取して、硫酸とする特質を具えているものであるが、原形質のどこにでも紫色の点状色素をもつてゐる点で、他の硫黄バクテリアと区別することが出来るのである。紫色バクテリアの原形質は光の作用を受け、炭酸瓦斯を同化して酸素を発生する能力をもっている。そしてその生長とか繁殖とかには、必ず光を必要とするのは、これが生活上酸素を必要とする為からである。紫色バクテリアこそは、いわば葉緑素を含む植物のような作用を営むものであって、植物性細胞は光学的集成によって、炭酸瓦斯を同化して酸素を発生するには、ただ緑色葉緑素ばかりではなく、他の色の葉緑素もこの働きに参与するものであると同じように、紫色バクテリアにあっても、やはり同様の同化作用のあることを知ることが出来る。

紫色バクテリアは光によって敏捷な運動の出来るものであるが、なお一定の光の作用によても運動を営むものである。暗い所では位置変換の速度が減少して来る。若しこれを長時間に亘って暗所に置けば運動は全く静止する。このバクテリアも藻類の群集胞子のように、或ときには光源に引付けられ、或ときには光源を遠ざかしたりして、所謂光感応の現象を現すものである。そしてこの炭酸瓦斯の同化作用や、諸種の光学的運動現象は、主に赤外線と黄色線の力に基くものであって、従って紫色バクテリアはこれ等の光線を最もよく吸収するものである。

光測バクテリア

これは紫色バクテリアの一種であって、光と色には実に特異的のものがあって、且つその感応力が頗る強く、光の強さ及び波長の差の微細までをも判別する能力がある為に、エンゲルマンが特に光測バクテリアと命名した。この細菌は赤色の棍棒状をしたもので、自由に運動し、一端には微細な纖毛を具えている。今これを水滴の中に容れ顕微鏡下で検すると、長軸に回転しつつしかも直線或いは弱い曲線に、同一の速度で游泳しながら纖毛を具えた尾端を、常に前方に向けて進むものである。同方向に回転し暫時静止してはまた動き、動いてはまた静止する。なおその運動や静止状態は、光によって左右されることを容易に観察することが出来る。光の暗い所では少しの運動さえも起さないが、光を受けると初めて運動を始める。そして一度運動を始めても、照輝を止めるか或いは照輝の有様を変えるときは、やはり運動も静止する。標本の水分蒸散

を防いで夜間暗い所に置いて翌朝再び見ると、最初は運動を始めないが、五分から十分ぐらいすると運動を始め、そして次第にその運動も激しくなる。数時間この標本を光に曝して、再び暗所に持ち帰れば、その運動の速度は漸次に弱まり、数時間後にはもはや運動を認めることが出来なくなる。

この細菌は光の為に運動能力を發揮することは、感光性をもって週期的運動をする植物等に見られる日光感応と同様なものである。ここでは光が瞬間に効力を現すものではなく、一定の時間が必要であって、その時間はまた明確に測定出来得るものである。

光学的運動の生ずるまでの時間は、一般にその作用する光の強いほど短いものであるが、最も好都合な場合では数分間を要しないことがある。

また暗所に保留して置く時間が短ければ短いだけ、その運動を開始することも速かであって、運動の速度も亦光の強さが増すに従って、刻々その勢を増してゆくものである。

光学的運動についてエンゲルマンのいうところによると、「光の強さが徐々に加われば、その力の衰えることは緩慢である。予め永く照輝し、且つその光力が強いときには、運動の静止する時間は遅延するものである」と。

光の強さを同じように持続的に作用させれば、大抵の細菌は運動を静止するものである。それ故、強い光は抑制的或いは麻痺的作用があるのだと唱えられている。今、水滴中の細菌の一部分を強く照らすと、数分間も経たないで水滴の底面とか被蓋硝子板の裏面下とかに固着して、僅かに運動をしているが、なおも引続いて光に当てていると、益々運動の傾向を減じ、数時間に及んで外界の事情を変えると、数日後までも静止し、分裂作用等は全く起さない。これを「細菌が光線強直に陥った」というのである。ところが細菌が暫く光の中で静止しているとき、急に暗くすると忽ち四方に分散して強い光を避けながら、余り明るくない部分を探し求めるのである。

これ等の現象から推察して、光測バクテリアは即ち光の差異を鑑別するものであることを識ることが出来よう。そしてこの鑑別能力は頗る汎く、且つまた非常に発達している。水滴に細菌を入れて通常通りに十分光を通じてから、顕微鏡で検べる際、反対にその鏡面を被って急に弱めると、今まで視野を平かに游泳していた細菌は忽ち退却し始め、敏捷に長軸方向に回転しながら、或場所に来て止り、そこで通常の運動を再び始める。そして退歩するときには、体の尾端を先にして進んで、反対の方面に回転するものである。

このように急激に光度を増減したり、暗黒にしたりすることによって起る運動は、即ち驚怖運動に他ならないのである。しかし光力が漸層的に減退したり、またこの反対に、その強さが徐々に遞増したりする場合には、こうした驚怖運動は起らないものである。尤も運動速度は多少増減する傾があつても、その方向を変ずることは全くない。一部を照せば細菌は光の当る部分に聚集して、その場所を逃れ去ろうとはしないが、暗くすれば忽ち驚怖運動を起すのである。

光を感じるものは、細菌体に分布している色素であることは、顕微鏡分光器で光測バクテリアの群集している水滴を検べてみるとよくわかる。細菌の受けるスペクトルムのそれぞれの色の影響は、それぞれ別であつて、特有な分布をしているものである。そして細菌は主として赤色光に集つて、これから漸次赤外線に向かい、しかも徐々に移行する。同時にまた黄色と橙色との部では、明かに区別して群集するものがある。緑色、青色、紫色の部ではまばらに集り、紫色とその外端には殆ど集らない。ちょうどこの二線には暗黒のような作用があるものと思われる。

一定した光を長時間続けると、細菌は密集固着して決して移動しない。顕微鏡分光器のそれぞれの光に集つた群れは、紫色バクテリアが吸収した色帶に相当している。結局、分光器の光の強さは各部で異っているから、その区域にある群れに影響を及ぼしたのである。

細菌の光に対する鑑別力の境界は、その一方は吾々人間の感覚と同様に、スペクトルムの紫の部までであるが、他方赤色の部は人間よりも遙かに発達して、赤外線即ち波長一糧の八億万分の一乃至は九億万分の一の振動数の光線さえも、著しく感應するものである。この赤外線に対する感光力は實に著明なもので、エンゲルマンは赤外線の通過する感光標本を定める場合には、この光測バクテリアを利用するが最上であるとまでいっているくらいである。光線の種類が違うと運動の速度も異り、また感光運動も変ずるのである。闇盲強直から再び運動を快復する場合には、赤外線の方は強く屈折する紫外線よりも遙かに速かになり、またこの光測バクテリアは元来自体に吸収する光だけに反応するものである。

運動を起すところの光は、生活している細菌の色素に最もよく吸収せられる線であつて、赤外線と橙黄色の光線がそれである。

アメーバ

日の射している淡水の池辺や泥中には、单細菌アメーバより小動物即ちグレーフの発見したペロミクサ・パルストリス (*Pelomyxa palustris*) がよく棲息している。

この動物は形円く、直径一粂の原形質体であつて、一箇の核と砂泥の細粒を含んで一見汚い灰色をしている。ペロミクサの運動は、通常の光ではアメーバのように緩慢であつて、隨所に平たい虚足(偽足)を出し、細胞体がこれに移り、漸次に虚足が増大して遂に全体となって、遅々として進行するのである(図18)。

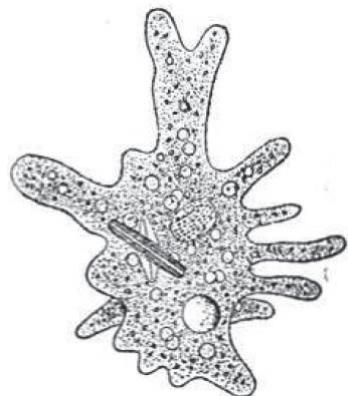


図18. アメーバ(拡大)

エンゲルマンはこの動物が、対物鏡に陰影を生じさせると、すぐに運動現象に変化が起つて来る。若し手で以て射入光線を遮つたりすると、棍棒状となって突出していた虚足の中へすばやく体を移し、直行か或いは緩かな曲線運動で匍匐するといつてゐる。光を遮つた手を取れば、またすぐと運動を止めて、ちょうど電気にも撃たれたようになって、数分間で円形になる。暗室で弱い光に當つてると、元の棍棒状になつて敏活な運動を営み始めるが、急に窓を開放して適度の光を導き入れると、円形になつて運動も静止する。徐々に光の強さを増すか、或いは暗黒から漸次照明に移して行くときには、目立つほどの形状変化や一の変動を起さない。

この原生動物を観察するに、急激に光を受けるとこれが運動体を激しく刺戟して、原形質収縮の動機となつて、電気的、機械的温度及び化学的刺戟などを受けたと同一の作用をするのである。こうした現象は色素を持っていない生物にあっては、紫色バクテリアのように、有色原形質で予め光に対する感應力のあるものとは違つて、重要視せねばならない現象である。

腐敗アメーバ

腐敗アメーバーはアメリカの学者によって発見されたものである。これを急に屈折の強い光で照らすと運動を開始する。そしてたとえ光線強直を起しても円形とはならないで、光を受けた瞬間もあったままの形状をしているが、この強直は数分間で消失して、また元通りで原形質の運動を始めるのである。強直は弱屈折の光線が、強屈折の光線に移つて行くときに起るものであるから、この反対の條件では強直が起らない。これには赤色光線は暗黒と同様であつて運動も亦敏活である。

アメーバの種類によって、各々の光に対する反応を異にしているから、単に引用した例を一括して結論する

ことが出来ないのである。

ドライエルがフィンゼンの研究所で試験したアメバは、前記のペロミクサとは全然別種のもので、決して瞬間に収縮を起さなかったのである。強い光では四五分から五〇分間で死滅するが、室内温度ぐらいであると虚足を出して活発な運動をする。光線の青色は運動を盛んにさせるが、赤色の方は反対に遅緩にさせ、また強い屈折力のある集合光は、途に死滅させるものである。特に外部紫外線はこの点で他の光線に比べて、かなり卓越しているようである。

顫毛虫の或種のものは顫毛運動をする。例えばプレウロネマ・クリサーリス (*Pleuronema chrysalis*) は小豆形の滴虫であって、通常水中に長く静止して、放線状の長い顫毛は全く不動であるが、少しの張力でも与えると忽ち顫毛を烈しく動かし、蚤のように水中を飛び廻りながら他の場所へ移って行つては静止するものである。多数この滴虫を集めて載物硝子に載せ、顕微鏡の絞りを閉ざすと飛跳運動を始める。そして光が変化しない限りは、この運動を反覆繰返えして混乱極まりないものである。顫毛の飛跳運動は光が忽然と射入した瞬間に起るのでなく、その間に一秒乃至二秒間の潜伏期が存在するのである。分光器で検査した単色硝子か、或いは色素溶液を光と載物硝子との間に挿むときはその飛跳運動は光の熱に關係したものではなくて、青色と紫色の光に基くことを證明することが出来る。一面には飛跳運動は熱作用によつても起るのであるが、日光の温度ではまだ運動を起すまでにはならない。

病的作用

光で起るすべての生理的運動刺戟は、やがて病的作用をも起すものであることを知つて置かなくてはならない。運動性の細菌に強い化学線に富んだ光を作用させれば、最初のうちは運動の速度を促進するが、暫くしてその速度も減退して、受光が久しく続けば続くほど、速度はだんだんと緩漫となって、後には静止して麻痺に陥り、遂に死に至るものである。ヘルテルの観察したところによると、大抵の滴虫類は波長二億八千万分の一粋の紫外線でも、初めは極めて不安状態となって明るい視野を迅速にあちこちと回転するが、やがてその運動状態も変つて來るとともに、その範囲も漸次狭くなり遂に静止するものである。なおしばしば円形の原形質から、透明な小滴を産出しては破壊して行くのを見たといつてゐる。

多形性ラッパ虫 (*Stentor Polymorphus*) は光によって前進力を促進するものであるが、強い光に遇えば収縮してすぐ円形に変つて、しばしば局部に一見麻痺したような状態を現して、伸びようとは努めるが遂に原形

質を壞してしまう(図19)。収縮機能のある原形質が化学線に遭遇すると、先ず初めのうちは運動速度を増進するが、やがて緩漫となり麻痺から破壊に至るものである。ヘルテルはこの現象を見て、光は細菌の原形質を直接に刺戟することを知つて、これから推測して高等動物—脊椎動物でも亦その細胞が光に対して反応を起し、光が血管に当れば血液の循環を中絶し、また表皮に受光させれば表皮細胞に変化を起すものであるといつてゐる。

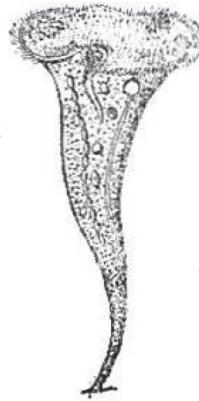


図19. ラッパ虫(拡大)

色素を生ずる細菌

多くの細菌の内には色素を分泌するものがある。そしてこの物質によって菌体は染色されるものであるが、この色素は光の影響を被ることが多い。通常の光では色素の形成が妨害されるものであることは、ブスクの実験に従つても明白であるが、彼は霊菌をペトリ皿寒天培養基に培養して、室内温度で直射太陽の光からいろいろと強さの異った光や、暗黒に二四時間乃至四八時間曝したところが、左のような結果を得た。

一、直射太陽の光に曝した細菌は、大部分発育を阻害される。

二、強い日光に曝したものは、僅かに発育するが色素は形成されない。

三、弱い日光に曝したものは、暗い場所に置いたものと同じように、発育を遂げ且つ色素は灰白色を呈するものである。また東向きの窓を備えた室の中央に置いたものは赤色素を作る。

四、全く暗い所へ置いたものは深赤色を現す。

しかし或細菌には色素を形成する際に、光の必要を欠くことの出来ないものがある。例えば球状菌などは暗い所では無色であるが、光に遇えばその培養基が硫黄色を示すようなものである。

ゲー・ブスクは霊菌の培養が鮮紅色になる暗い場所で繁殖させてから、太陽の光または散光に曝したところ、間もなく培養基の着色は褪せ、しかも光の強いほどその褪色の度が速かであることを知つた。それ故光は既に生成された色素を褪色させる力を持っているものである。ブスクは散光によって発育しつつある霊菌の培養は、絶えず色素を生成するが、その色素はまた光によって、順次消失されているものであると考えたのは尤もなことである。今、霊菌培養基を光に曝して褪色させて、再びその発育に好都合な暗所に運ぶときは、細菌は更に発育して、また赤色を現すようになる。

このように一度褪色した細菌からでも、新に発育した細菌と同じように、決してその色素を生成する能力を失わないものである。しかし光に遇って褪色した性質は、数代遺伝させることが出来るから、この有色の細菌でも適当な條件を付しさえすれば無色のものとして培養することも出来るのである。

色の順応

エンゲルマンとガイズコーは、紫色のオスチラリネン (*Oscillarineen*) から種々な色をもっている新培養を完成することが出来た。二人は単色光を使って、培養を分光器で検定した光線濾過器の下に置いて試験したのであるが、二箇月後になつてその成績は次のようになつた。

赤色の光を用いた培養基では	……緑色を呈す
黄色の光では	……青緑色を呈す
緑色の光では	……赤色を呈す
青色の光では	……黄褐色を呈す

即ち、单一色光ではオスチラリネンは、各培養基に作用したスペクトルムの色の補色を現出したことが知られる。すべての植物性有機物と同じく、オスチラリネンにはその生活條件として、色素が炭酸瓦斯の同化作用に關係がある。しかし赤色の光は独り緑色色素に、また緑色の光は赤色色素に働く同化作用を起すものである。これに反して緑色の細胞に最も作用するものは赤色の波長であるし、また赤色の細胞には緑色の光が最も強く働くものである。すべてこのようにその色に対して、補色を現す光は強い同化力をもつてゐるものである。オスチラリネンは光の変化に順応する力があるから、その色素の変化つまり色の順応によって、自己の生存に一番好都合の適応を撰ぶことが出来る。そして最もよくその補色を現す場合は健全であつて、運動も敏活である。

このエンゲルマンとガイズコーは既に記載したように、海水や湖水に生長している水草が、水の深さの増すに従つて、異った色をなしていることに着眼して、初めてこうした有益な実験をすることが出来るようになったのである。

光力的現象

前章では殺菌力を現すものは、主として波長の短い光であつて、波長の長い光は却つて殺菌力が不十分であることを説いた。屈折率の弱い光は殺菌力は微弱であるが、若し培養基に同時に熱を働くかせるか、或いは光に曝して酸素を作用させるようにすれば、たとえ弱い光でもその殺菌力を昂めることが出来る。光の集合

的作用に関しては、タバイネルとその門下生などの研究によって、初めて注目せられるようになった。ここで光の作用を考えるに當つて、一つの注意せねばならぬ現象がある。それは波長の長い光が、蛍光性溶液中に吸収されて、蛍光があることである。タバイネルは光のこの作用を光力的現象と呼んでいる。

タバイネルの門下生ラーブはアクリジン (Acridin) の中毒作用を研究した際にも、滴虫類の一種である尾類ゾウリムシ (*Paramaecium caudatum*) には、一定の化学的物質が作用を及ぼすことを知つて、それを快晴の日とか曇天とかに実験してみたが、その作用の現れる有様が、實に千態万変であることを知つた。例えは二万倍の塩酸アクリジン溶液の中にゾウリムシを入れたところ、或日には八〇分間で死し、或日には八〇〇分から一〇〇〇分間までも要して漸く死んだ。暗室内に置かれた容器では、ゾウリムシは数日間生存しているが、散光に曝せば約六〇分間で死に、太陽の光では僅かに六分後に死んでしまつた。ゾウリムシを入れた容器と光源との間に熱線を吸収する物質を挿んで、太陽熱を吸収させて光の作用だけを働かせたが、その成績は前と同様である。直接の太陽の光ばかりではゾウリムシは目に付くほどの害も受けずに、長時間これに耐えることが出来るものである。

タバイネルはこの観察を追及して、アクリジン、ヘニール・アクリジン、エオジン及びキニーネの稀釀液は、暗所では有毒作用が全く起らないが、たとえまた起つてもその力は微弱である。しかし若し蛍光作用を起すものと結合して、光をゾウリムシに当てるときは激しい有害作用を及ぼすことを実験した。

すべてこの蛍光性のある物質を稀釀溶液にすると、光力的現象を現すものである。タバイネルの門下生ヨドルバウエルは、三万倍に稀釀したローゼ・ベンガーレ (*Rose bengale*) — 蛍光物の標本 — を暗所でゾウリムシに作用させたところが、一六時間後に美事この滴虫を殺した。しかし溶液を日光に曝して、蛍光を発生させたときには僅か一分間以内にこれを殺すことが出来た。六万倍の溶液中にゾウリムシを入れて、これを殺すには暗室中では四八時間を要したが、光に曝せば一時間で十分であった。また六百万倍に稀釀した溶液ですら、僅かに五時間しかかからなかつたということである。このように蛍光性物質は著しく稀釀しても、よくその光力的現象を現すことは實に驚くべきものである。

この作用は独りゾウリムシに及ぼすばかりでなく、他の滴虫類に対しても同じことである。タバイネルとブスクとは、血液寄生虫病の日光療法を研究した際に、トリパノゾームの種類も、亦蛍光性物質の光力的作用

を受けることを知った。蛍光性物質の細菌に作用することについて、ラーブは有益な実験を行った。それに先ず硝子製の試験管三箇を選び、第一のものには蒸溜水を容れ、第二及び第三には蛍光性物質の稀釀溶液を容れ、それぞれに緑膿菌新培養基を移して、第一と第二の試験管を熱線の吸収の為に、硫酸銅溶液を容れた器の後側に置いて日光に三時間曝し、第三の試験管は暗室に置いた。そして各三管から別々に新たに扁平塞天培養基で培養したところが、二、三日後になって、第一と第三の試験管からは寒天面の上に多数の菌の聚落が発育した。太陽の光ばかりでは、(この曝露時間だけでの)特に認められるような障害も現さないで、ちょうど暗室の中に保存された蛍光性溶液のものと全く同一であったが、第二の試験管で培養したものからは、細菌の発育を阻害されているのを見た。これこそ蛍光性物質と相俟って、細菌に甚だ不幸な作用を齎したからである。これによって諸種の蛍光性の物質は、強い有害作用を現すものだということが知られる。

タバイネルとヨドルとバウエルの二人は、このラーブの実験を繰返して、細菌に蛍光性物質を散光と一緒に当ててみたところが、暗い所とかまた光ばかりではまだ十分に有害作用を認められないほどの時間であるにかかわらず、もう既に細菌の死滅するのを見た。しかしこの殺菌時間は、ゾウリムシを殺す時間よりも遙かに長いものであった。細菌は光の現象を起し易い物質をよく選択するものであるが、その原因は細菌体の被膜が粗雑なものであるから、蛍光性物質を意想外によく通過させるによるのである。なお糸状菌も亦これと同じである。

フォン・タバイネルは更に次のような興味ある実験を行っている。緑膿菌を水に混ぜると、蛍光性物質が出来るものであるが、これから生じた蛍光性物質は、果してゾウリムシに光力的作用を及ぼすものかどうかを実験しようとした。これが為に彼は微かに青灰色の蛍光を発する殺菌羹汁培養基を使ったのである。この実験によると暗室内では二四時間経過後でも、なおこのゾウリムシの大部分は生活を持続しているが、緑膿菌培養をゾウリムシの培養と混和して、散光に曝せば僅かに一時間で死滅した。

光力的物質の作用はやはり高等動物の細胞にも影響するものであることは、ここに断言し得られるのである。光力的作用によって、蛙の咽頭粘膜の顫毛表皮の運動は中止するし、赤血球は破壊され、自血球殊に淋巴球も攻撃されるのである。

ヨドルバウエルは、酵素と毒素とは光に当った際に、蛍光性物質によって影響せられるものであるという精密な実證を公にした。これは非常に重要な業績といわ

ねばならない。それはこうである。澱粉を糖化するジアスターーゼや、蔗糖を分解する蔗糖酵素や、醣酵を促すチマーゼや、また牛乳を凝固させる凝乳酵素とか、蛋白質を分解させるパパヨチンとトリプシンとかは、エオジン、エリトロジンその他の蛍光発生物質と混ぜ合せて光に曝されると、その作用するさしもの力をも失ってしまうものである。暗所に於いて濃度の高くないときには、その作用には別に変りのないものである。これによって、光が酵素に影響することがよく知り得られるのである。若し蛍光性物質を加えれば、上記の酵素の感光性は頓かに増進するものである。

毒素の内リチンはこれに蛍光性物質を加えると、比較的短時間の内に赤血球に対する凝集力を失い、毒性作用も低減し、従って試験動物などは五倍乃至十倍の致死量にも堪えることが出来る。またクロチンの血球溶解作用も、或蛍光性物質を加えられることによって消滅するものである。ジフテリア毒素に蛍光発生物質を加えて、三日間散光に曝すときには、著しくその毒素の効力を減じ、極量の百二十倍を天竺鼠に注射しても、何等の反応も起きない。破傷風の毒素もこれと同じく、鼠の皮下に極量の一乃至十倍を注射しても何等の反応も現れない。また抗毒素血清の補体及び沈降素も、この光力的物質の影響を受けるものである。

光力的現象についての学者の所見は多様である。光は蛍光を発生させると同時に逆に蛍光を吸収することは、既にヨドルバウエルの喝破したところであるが、ただ吸収だけの證明ではまだ不十分の嫌がある。蛍光発生物質と同じように、蛍光の吸収出来る即ち非蛍光性物質も、細胞内に侵入して往々有害作用を現すものである。これに反して、ゾウリムシを含んだ一滴の水を、蛍光性物質によって発する光に曝しても、少しの害も受けないこともある。蛍光の強さは光力的反応には何等の作用もしないことがある。更に強い蛍光発生物質でも、光力作用を起すことの微少なものもあれば、この反対に著しいものもある。

一定の培養基は光によって過酸化水素を発生すると同じように、蛍光発生体の溶液も光によって化学的組成を変化して、酸化作用や還元作用を営んで、生物に有害な物質を造るものである。ルーが羹汁で試験を行ったし、レドウ・レバルドも亦同じようにエオジン溶液で実験し、光に曝したエオジン溶液は、光に曝さない溶液よりもゾウリムシに対する有害作用の大きいことを知った。

タバイネルとヨドルバウエルもこうした変化を十分に立證している。

なおこの二人は、長時間太陽の光に曝したエオジン溶液から、酸類の発生することをも発見し、それが弱酸

であってもゾウリムシに対して、劇しく有毒的に働くことを證明した。更にヨドルバウエルは、「光力作用は極めて迅速に行われるものであるから、到底この時間では酸類の発生を想像することが不可能であって、また解糖酵素に及ぼす光力的障害は、酸類の発生ということだけでは説明しがたい」といっている。なぜならば、蔗糖酵素は少しばかりの酸によっては阻害せられることなく、却って促進されるものであるからである。レドウ・レバルドはなおこの上に有益な観察をした。それはゾウリムシにエオジンの光力作用が働く関係についてである。つまり滴虫を入れた溶液を被蓋のない大皿に入れて、光に曝してみたところが、硝子管の上部まで溶液を充たした上に蓋をして、光に曝した場合よりも非常に強く作用するのを認めた。ストラウブはこの観察に基いて、受光したエオジン溶液が酸化作用のある化学物質に及ぼす化学的变化を研究して、光力現象を起す為には、酸素の存在が必要であるということを知ったのである。しかし普通の見解からして、光力的反応には酸素が必ず必要であるということは、正常な言葉とはいわれない。この点については、フォン・タバイネルとコドルバウエルとの説明は一層堅実である。「生活している原形質、酵素及び毒素は、酸素の存在の下にのみ作用が起るものである」といっている。

過敏性

ライエルは光力作用を過敏といった。そしてタバイネルのいった蛍光性体の光力作用と、フォーゲルの写真術で称えたところの過敏との間に、一定の関係があることを述べた。フォーゲルは臭化銀膠質の感光力は、化学的効力に乏しい波長の長い光線でも、これが吸収せられ易い物質を加えることによって、写真板に著しく鋭く作用するといった。このような物質を誘惑体といっている。エオジンの光力的現象を写真の過敏性に見做すことは、事実上絶対に一致しないけれども、非常に似通う点もある。蛍光性物質によって感光性の高まるものは、屈折の弱い光線でもこれによつて強い作用を現すもので、畢竟受光体の吸収力が増加して、光の放つエネルギーを更に他のエネルギーに変換せるものである。

第六章 高等動物に及ぼす光の作用

光と単細胞性動物体との関係は、前に説明した通りであるが、今度は更に進んで光と高等動物との関係を観察してみよう。吾々は植物とか、単純な構造の生物とかで見た光の生物学的現象よりも、ここでは一層錯綜して微妙なものあることを知るとともに、実際に正確なる判断を下すことは容易なことではない。動物の構造が複雑となり、それに伴つて生活現象も益々多岐多様となって、神經の支配関係や、五感器と神經中枢との活動の多いものでは、その外因の影響と刺戟に対する反応は複雑極まりない。

高等動物が受ける光の影響には、概して局所的作用と一般的作用の二つがある。局所的作用というのは、光を受けた細胞とかその臓器とかの直接的影響であつて、一般的作用は神經系統及び脳の機能の媒介によって起るものである。

動物の感光は、これまで單に眼球や或いは特殊の感覚の媒介によって、起るものと考えられたのであるが、これは大きな誤謬である。身体の表面はその何れの部位でも光線を透過させるものであるということから考えれば、どの表面でも実際に光の影響を受けていることは明かである。すべて受光した身体の表面は、光線を吸収してエネルギーを他のものに変換するのである。一八五五年モレシコットの研究によると、蛙の新陳代謝はその眼球と皮膚とが光を受けて初めて行われるものであつて、またその実験ではただ蛙だけではなく、鳥類、二十日鼠、野鼠等の眼球を剔出しても、なおよく光によって炭酸瓦斯を排出するものであることがわかった。

皮膚の光学的感覚

グラーベルは盲目の山椒魚でも、蛾でも、また頭部を切断した蚯蚓みみずでも、皮膚によってよく光と色との影響を受ける能力を具備していて、光線の赤と青とを区別して、前者を好み後者を避ける性質を具えている。これが所謂有名な「グラーベルの皮膚光覚」である。

みみず 蚯蚓

ダーウィンは蚯蚓が光を避けるのは、光を感じ易い為であつて、また蚯蚓は明るい所や青色光線と紫色光線を避けて、暗い所と赤色光線とを好むものだということを知った。

フィンゼンは蚯蚓について次のような試験をした。それは長さ二〇釐、幅、高さ各七釐の紙箱を作り、その中を仕切つてその一つ一つへ蚯蚓二〇匹ずつを入れて、各々色硝子板で赤、緑、青、… というようにスペクトルムの順に、並列して箱の上を被うたところが、二、三

時間になると、蚯蚓はみな赤色硝子の蓋の方に移った。なお室内光線と太陽の直射光とでこの実験を反覆したが、みなどれも同じ結果となった。蚯蚓が青色から逃れて葡ちがい出すまでにかかった時間は、光の強さにより多少は異うが、大体三〇分から一時間ぐらいを要した。赤色硝子の蓋の下では蚯蚓は動くこともなく、球状に簇むらがるのが常である。若し赤色硝子を青色硝子に取換えると、蚯蚓は運動を始め、あちこちと匍匐し出すものである。そしてその始動までの時間は凡そ一分である。

光の化学線が、蚯蚓に対してどんなに強い影響を与えるものかということは、フィンゼンのこの実験で明白である。フィンゼンはまた或時、山椒魚の飼料として蚯蚓を沢山に集めて置いたところが、不幸にもその多くは斃死してしまって、残った蚯蚓も氣息奄々の状態であったが、その瀕死の蚯蚓を捨てるに忍びなかつたと見えて、さまざまの方法を講じてこれを蘇生させようとしたし、水を注いだり弄いじってみたりなどしたが、結局二〇匹だけ死んだ。そこで、彼はこれに光が作用するかどうかを試そうと思って、直射する太陽光線に曝したが、その内の四匹は忽ち歪曲してしまったのである。

動物の向日性

蚯蚓と同じように眼のない貝類や、眼を備えていながらもその用をなさない介虫と蝸牛も、極めてよく光には感応するものである(ナーゲル)。プロテウス・アンギネウス (*Proteus anguineus*) — (有尾両生類に属している「オルム」) は非常な光嫌いであるが、盲目となつた後でも、好む赤色光線と好まない青色光線とを鋭敏に区別する力がある(ジュホア)。ロエーブは向日性は独り植物だけではなく、やはり動物にもあって、眼を具えないものでも、光の強さを減ずると、向日性の運動を現すものであるといっている。

固着動物の中、例えば毛足類とかヒドロ、水母類の一種のヒドロードポリープ (*Hydrodpolypeu*) は、感光器の軸を光の方面に向けているが、もし側面から光を浴びせると、その生長しつつある仮足が向日性を現して光のある方に傾くものである(図 20)。

眼を見えながら光を厭う昆虫でも、有色光線の作用に対してやはり蚯蚓のような動作を現すものである。フィンゼンは前に述べたような箱に、

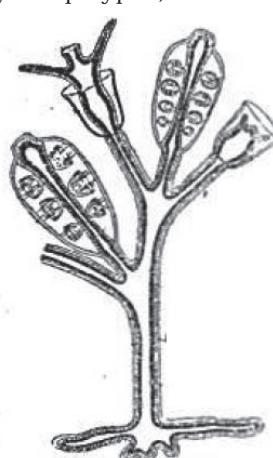


図 20. ヒドロ(拡大)

ごかい沙蠶を入れたときに、やはり蚯蚓と同じような動作をした。しかもその運動は蚯蚓よりも活発であるから、その結果も明かであった。赤色硝子の蓋を取換えて青色光線をこの動物に當てると、忽ち不安の状態でここかしこと動き回る。赤色硝子の下に来て、初めて安堵したようにして静止する。実験を反覆している内に、年長者とも覚おしきものが、第一に自分の取るべき位置を注意するような振舞をして、赤色光線を指して動き出すような滑稽を演ずるものである。

光の運動刺戟

光は多くの動物に対して運動刺戟となるものである。しかし光を不快に感じてこれを厭う動物には、勿論刺戟となるものではない。フィンゼンは大きな長方形の箱の中に一一匹の蝶を入れ、蓋の半分を赤色硝子で、また他の半分を青色硝子で被つたところが、初めは不安そうにみな飛び回っていたが、その中に赤色硝子の下に来て赤色光に浴した蝶は静かに止ったが、青色光を受けている蝶は依然として羽叩きを続けていた。しかし夕陽の沈むと一緒に静かになった。こうして一時間後になって箱の中を覗くと一〇匹は青色の光の方に集り、ただ一匹だけが赤色光に止まっていた。フィンゼンは更に蓋を取り換えてみたが、一時間後には八匹は青色光線に浴して止まり、三四匹は赤色の下に止まっていた。

蠅

フィンゼンは大蠅を前と同様に箱の内に入れて、化学線の運動に關係することを試験したが、これは好成績が得られなかった。しかし非常に重要な点を発見した。

先ず箱の一方に赤、橙、青の色硝子を張って、その反対側には無色の硝子を張った。そしてこの箱を窓際に置いて、色硝子の側を光に向けて一箇月以上熱心に観察を続けた。蠅は終日箱の内を飛び回って、有色光線も少しの影響さえ与えないように見えた。

しかしいつも夕方になると、赤色の方に簇むらがって徹宵静止していた。稀には一匹が青色の所に、また三、四匹が橙色の所に止まることがあった。蠅の動作をなおもよく観察しようとして、少量の砂糖を青色硝子の下に置いたけれども、蠅はこの砂糖には眼を注ぐこともなく、依然として赤色硝子の下に眠った。次に彼は青色硝子の前に不透明な板を置いて箱の一隅を暗くし、他の隅を赤色の硝子で照らすようにしたところが、翌日の夕方からはみな暗い所に止まって眠った。この実験は幾度反覆しても、常に同じ結果であった。こうしてフィンゼンは蠅がどんな光を選択するかを、十分に確めることが出来なかつたが、とにかく光の刺戟の一番少ない所に静止することだけは確められたのである。

つまり終日倦まず飛び回っている蝶の運動も、暗くなるとだんだんと緩慢遲鈍になって、赤色か暗い所に集つて来ては、睡氣を催して遂に眠るのである。

蛙の卵

蛙の卵にも光が運動刺戟となって作用することは明白である。卵の原形質に太陽の光を直射すると、激しい収縮運動を起すものである。蛙の卵の発育について試験してみると、胚が一方に向かって移行する有様がよくわかる。そして長い胚児は弓形をして、反対側に向かって絶えず稻妻のように速かな回転運動をしているが、これに太陽の直射光を当てるときこの運動は一層劇しくなる。

山椒魚

山椒魚の卵も亦蛙の卵のように、やはり光の影響を受ける。しかも蛙の卵よりも大きくてその彎曲度も大きいから、一層はっきりとこの運動現象を見ることが出来る。

フィンゼンは、どの光が胚児の運動に關係があるのかを試験しようとして、トリトンクリスタークス (*Tritoncristarus*) 種に属する山椒魚の熟卵を浅い皿に入れて、皿の上をいろいろの単色硝子板で被い、皿の水を絶えず取替え太陽の光に曝したところ、胚児の運動を最もよく起させるものは青色の光であって、緑色、黄色、赤色の光では運動はまことに微弱であった。発育がやや整った山椒魚には、光の刺戟は一層に強く現れるものである。フィンゼンは水を入れた浅い皿に、長さ約一握の幼い山椒魚を入れてから、その皿を日蔭に持つて来て、凹面反射鏡で太陽の光をその体に当てる。すると僅か二、三秒間で水中を活発に運動し始めて、二、三時間後には再び静かになつた。なおこの試験を反覆したが、その都度この運動に少しの束縛も加えないで、意のままにして置いたにも拘らず、いつも同じような結果を得た。また皿の半分を翳し、他の半分を光に当てたが、山椒魚が偶々光の当たる場所に來ると、殆ど衝動的のようにあちこちと泳ぎ回り、陰影の所に來て初めて静止した。今度は皿の上に赤色硝子を置いて試験してみたが、その場合には山椒魚は静かにじつとしていた。緑色や黄色光では何等の影響をも現さなかった。ところが青色光線のときは白色光線のように、忽ちその反応が起つた。であるから、黄色と緑色の光線とは運動刺戟としては、全く無効であるということを緊要な條件として知つて置く必要がある。思うに、この黄色と線色光線とは、視官に最大の影響を与えるものであつて、この作用は視神經を興奮させて運動を喚起するものと考えられる。

おたまじやくし 蝌 斗

フィンゼンは蝌斗についてまた興味のある実験を報告した。これは長時間暗い場所に置いた蝌斗を急に光に当てるみると、蝌斗は活発に遊泳して、平素には見られない運動を営んだということである。次いで種々の光を使って、卵から孵化して発育する状態についても試験した。即ち毎日水を取換える毎に蝌斗を日光に浴させたのである。すると赤色光線で発した蝌斗は、溜水を取替える毎に活発に運動したが、青色光線で発育させたものは全く静止状態であった。これはどういうわけかというに、常に青色光線に浴していた蝌斗は、光の刺戟に対して慣習性を賦与せられていたので、通常の太陽の光に遇つても、何ほどの刺戟も感じなかつたのに反し、赤色光線に浴していたものはこの慣習性を与えられていなかつたから、日光を受けるや否や、刺戟現象を現したのである。フィンゼンは実験に臨んで毎分時の運動を数えたそうであるが、運動するものが光を受けている間は、逐次に増加したということである。また日光に五分間照した後で、暗い所へ運び、そこで運動した数を毎分時数えてみたところが、暗所でもなお運動が継続されて、受光の時と数とが同じであったそうである。化学線が運動作用を現すには、暫く時間を待たなければならないが、この運動作用は刺戟が止んだ後で極度となるものである。これを潜伏性状態とか、後作用とかいうのである。

エンゲルマンが紫色バクテリアについて試験した光力運動の反応は、化学的物質に及ぼす光の後作用と同じ意味である。ブンゼンやフィンゼンの称えたように、化学光線の後作用は独特な現象であつて、あらゆる生体に働いて現れるものである。

軟体動物や両棲類も、亦種々の昆虫類のように光を運動刺戟として感ずるのである。ヘルテルは回転昆虫類にマグネシウムの光を短時間作用させたところが、動物は烈しく身体を縮めたが、若しこれに長時間作用させると死滅することを知つた。なおこの外にリムメウスの胚は、初めには運動速度を増すが、その運動もだんだんと遅緩から静止して遂に収縮して死ぬことや、螺旋の幼虫に紫外線を当てるとき、速かに光を避けようとしたことなどを挙げている。

ヘルテの蚯蚓試験は特に有意義なものであつて、蚯蚓の腹部神経を露出して紫外線に照してみたところが、刺戟の及んだ局部は先ず収縮して、次いで全身の彎曲するのを見た。そして高等動物の神経の部も、また直接に光の刺戟に感ずることを證明したのである。

発光動物

光は海棲の発光動物に麻痺作用を起させるとともに

他の作用をも及ぼすかのように考えられる。筋状水母、管状水母 (Kteuo Klioieneuelsi Khoplipeu)などを、最初から明るい場所に二、三時間も曝して置いたときには発光はしないが、これに反して長時間暗所に置いてから、刺戟を与えると再び光を放つようになる。動物の発光力は、初めのうちは弱いが、次第にその強さを増加してゆくものである。してみると光を発する能力は、外界の照輝によって麻痺するものだということが知られる。フェルウォルンは単細胞のノクチルカ (Nokutiluka) — 夜光虫 — の光に対する感覚は、光が感覚器と中枢神経系の媒介によって、現れる二次的作用から起るのでなく、光が一定の細胞群に直接に作用して現れるものだといっている。

刺戟としての光

光によって起る運動は、受光体に吸収せられた光線のエネルギーが、生活する原形質に化学的変化を起させた結果である。生活細胞の化学的変化については、現今の分析学の知識では、まだ十分に証明することができない。それで光によって運動を起させる作用を単に刺戟といい、また光は起生的或いはエネルギー発動的素質として、働くものだということが出来るだけのものである。フィンゼンは一概に光の作用を刺戟といい放ったが、日常自然界に行われている化学線の作用は、前記のように簡単なものではない。このように光の作用は知るに由ないが、学者の識る範囲内では光線は常に間断なく作用するものであって、しかもこの作用は生物学上では頗る重要なものである。光を吸収した体内にはエネルギーが誘導せられて、いろいろな方法で変換せられるものである。そしてその一番微妙なエネルギーの変換の現れる所は神経系統である。

今まで述べて來たいいろいろな試験はただ下等動物を行ったものであるが、これこそ光の化学力の根本的基礎的考究となるものである。高等動物や人類に及ぼす光の作用はこれと同様であるが、多少強く働くことは各方面の観察によって明かである。日光が生物に大きな作用を与えることは、吾々の既に知っているところであるが、なお不変的に、しかも永続的に働く太陽の光は急劇に変る場合よりも、その作用の現れることが少ないので注意すべきことである。

例えば初夏の頃、雨勝ちでその鬱陶しさに堪えられないときなど、忽然として太陽の光を仰ぐことがあるが、そのときの吾々の晴々しい気分はまたとない。昆虫なども愉快気に或いは翅音勇ましく飛び回り、或いは匍匐して日光に浴し、百千の鳥は一齊に歓呼してこの天地の楽園を謳歌するかのような感じを起せるものである。こうした感じは多少漠然としているのは免れないが、それでもこれが光の作用によることだけはいな

めないことである。この光の力を起生力と呼ぶのは、その生を齎して活動を誘致するの意を酌んだものであろう。実にこの作用こそは太陽の熱と光の生理的、心理的作用に起因することは明白である。そしてこの作用の大部分は、化学線の力であることも亦自明な事実である。

動物の成長

動物の発育と成長に対して、光はどんな関係があるのかということについては、種々の実験は光がそれに大きな役割を演じていることを立派に証明している。例えば蝶の卵や蝌蚪は、蓋をした暗い水槽内では死滅するか、或いは辛じて発育するぐらいに過ぎないが、透明な硝子瓶に入れた卵は通常のように発育する。蝌蚪では緑色光ですよりも、白色光の方がその繁殖が旺盛である。紫色の光は蛙や山椒魚の幼虫の発育を助けるが、紫以外のスペクトルムの区域と暗黒は、発育を遅緩させるか、または阻害させるものである。蝶の卵に青色或いは紫色の光を投射すると、緑色、黄色、赤色のコップ内に入れた場合や白色のコップに入れて日光に曝した場合よりも、その発育は目覚ましいものである。光はまた菌の発育を促すものであって、珊瑚虫でもスペクトルムの化学力のある青色光線がその発育を促進し、赤色光線と暗黒はその発育を阻害する。

翻って高等動物を見ると、豚仔や牝犢は白色光線よりも寧ろ紫外線を受けた方が発育を旺盛にさせるものである。家畜を日の当らない場所で飼養すると、繁殖は非常に悪く、反対に日当りのよい所ではその繁殖も著しいことは農家に限らず、既に一般のよく知っていることである。フロイドンは家兎の仔は暗い場所では死ぬものであるということを実験によって示した。また両棲類とか爬虫類とかの四肢を試みに切り除いても、日の当たる所では暗い所よりも速かに、且つ完全に恢復することはよく知れ渉っている。

色素

光は高等動物のいろいろな細胞や臓器や、特に皮膚の色素に対して面白い関係をもっているものである。陸棲動物と水棲動物とを問わず、すべて太陽の光に面した表面、殊に背部などは腹部の皮膚に較べて、沢山の色素を含んでいることは注目に値するもので、また或種のものには、濃密な毛髪の生じているのがあったり、羽毛の粗雑ものがあったり、角を具えて外敵への防禦とするものなどがある。何れにしてもこれ等は体の部位に応じて、強い光と深い交渉のある證拠である。植物界を一瞥しても亦これと同様であって、樹木の皮は受光側に逞しく厚いが、日陰側は薄いものである。

星比目魚や蝶の上面は色素をもっているが、下面は

色素を欠いているし、また光に面している眼は色素を含んでいる。動物の皮膚の色素が、光の影響を被るのは天賦の妙であって、穴居動物や寄生動物のように、暗所に生活し勝ちのものには通常色素が含まれていない。しかしたとえ穴居動物であっても光に曝されるようなことがあれば、体内に色素を取り入れる組織を備えている。プロテウス・アンゲイネウス (*Proteus anguineus*) は通常皮膚には色素を含まないのであるが、光を受けると忽ち暗黒に変化するものである。山椒魚属の有尾類であるアクソロトル (*Axolotl*) の幼児は、薄暗い所や赤色光線で飼育すると、日光の当たる明るい場所で飼育するよりも、やはり発育が遅く、なお暗い所では一層進まないものである。

一般に皮膚やまた毛の色艶も日当たりのよい土地とか、夏季では日陰の土地や冬季に比べて潤沢濃厚になるものである。両極地方に棲息する動物などもまた夏季になると黝んだ色となり、陰鬱な冬季が来れば鮮かな色になるのである。しかし明るい日光の下で接続している動物の間にも、無色動物は絶対にないわけではない。またこれに反して、深さ幾百メートルの薄暗い海底に棲む生物でも、なお色沢の華美なものもある。蝶蝶や蛙の幼虫を久しい間、晴い洞窟内で飼養しても、その天賦の色調は決して減じないものもある。

変色

光の運動刺戟は多くの植物に見ると同様に、動物でも色素に作用を及ぼすものである（エールマン）。ヘルタルの実験によると、^{さざえ} 蠕螺の幼虫に紫色線を当てたところが染色粒が運動するし、頭足類の烏賊に照光すると、照光された部分は忽ち色素細胞つまり染色体が現れて、周囲の皮膚は俄然褐色とか赤褐色に色づいて、その色も見る見るうちに全身に瀰漫するのである。そしてこうした際の動物は不安の状をありありと示して、光から逃れようと努める。このような頭足類の運動は皮膚にある種々の色素が働いて、外界の事情に適応しようとするが為である。ヘルタルは光測バクテリアが巧妙な感光能力をもっているということから考察して、烏賊でもやはり染色体が感光刺戟性を現すことを試験した。二鰓類 (*Joligo exemplare*) の幼虫は、射入する光の各種の波長について起る染色体の運動で微妙に感応する。

そして皮膚に青色光線を作用させると、先ず黄色細胞が運動し始めて表面が忽ち黄色に変るが、やがて紫色細胞が活動し始めると、紫色に染め代って来る。最初に黄色線が皮膚に作用すると、紫色細胞が活動して黄色細胞が一時圧伏せられるが、逐次に身体に瀰漫して遂に黄色に染まるようになるのである。

スタイナッハは烏賊が染色体の媒介で、運動を起すことを観察した。エレドーネ (*Eledone*) を急劇に太陽の光に曝すときは、その表面は悉く二、三秒のうちに暗黒色に変化して、それと同時に吸盤が吸着部から離れて、動物は水槽内をあわただしく遊び廻る。そして陰翳部の処へ来て漸く吸着するものである。このように眼を具えない動物でも、太陽光線に対しては、恰も眼をもっているかのような運動を営むものである。それであるから、運動刺戟は決して眼球の媒介ばかりではないことがわかる。

恐らくは光の刺戟が染色体に働く為だと思われる所以である。そして染色体は染色体突起が皮膚組織内にある筋層に働いて、それから更に吸盤に通ずるものであるから、神経系の媒介によって反射運動を起すものであろう。

カメレオン

カメレオンが変色するのは、色素含有細胞が光を受けて、表面に移行するものと考えられるのである。そして闇黒の中では染色体は皮膚の深層に潜在している。今カメレオンを光に当てるとき、その感光力は徐々に昂まって来て、先ず鮮光色を現して、次いで帶緑灰色に変じ、更に暗色の斑点が出来ると、今度は褐色、暗褐色となり、遂に黒色になる。ベルトとホッペザイレルとの実験によると、色素運搬細胞は青色と紫色との光に強く作用せられるが、赤色や黄色光には殆ど作用されないものだといっている。ベルトはなお次のような綿密な観察をした。カメレオンの体半分を赤色光に曝し、残りの半身を青色光に曝したのであるが、青色光線の当たった半分は直ぐに黒変したにも拘らず、赤色光線を当てた半分は鮮かな色を現した。また太陽の直射光にも曝してみたが、この場合には、たとえカメレオンが睡眠していても、クロロフォルムの麻酔にかけられているときでも、死後二、三時間経過したときでも、なお暗色を呈していたということである。生きている動物の皮膚の色素反応は、感光性のある視神経の働きによるものであって、若しその動物から一方の眼球を剥出して試験すると、剥出された方の体の半分はやや鮮かな色を呈するし、若しまた脳半球を破壊すると、反対側の変色作用が妨げられるのである。カメレオンに見るような色や色素の変換をする動物は他にもあるが、これも同様に光によって色素細胞の運動を起すのである。殊に動物の個体全部を周囲照することは、最も強く作用するものである。自然的の変色は、動物にとってはその生活上有利なものであることは、もはや疑を容れる余地がない。つまり動物の保護色はこれによるのである。直接或いは反射を問わず、すべて光の刺戟は動物の色を均衡状態にさせて、そして周囲の事情

にうまく適応させるものである(リベルグ).

そば 蕎麦中毒

羊、豚、牛等の動物は光によって病的反応を起すことがある。中でも蕎麦病はその一つである。これ等の動物を、蕎麦或いは蕎麦藁で飼養してから光に当てるとき、白色とか毛色の鮮かな動物だと赤色を帯びた発疹が出来て、次いで病毒が体内に瀰漫するに従って、激しい炎症に変って、単に膿疱を生ずるばかりでなく、ときとして皮膚は壊疽に陥って健康を害するようになることがある。帶暗色の動物はこの疾病に罹ることはないが、色斑のある動物では、色素の全く欠けている場所とか、色素の乏しい所ばかりに発疹するものである。しかし若しも色素に富んでいるか、或いは表面に偶然にも汚物が付着していたときは、この病を未然に防ぐことが出来る。皮膚に色素の含有量が少ないと発病は激烈である。そして太陽の強い光や直射日光に曝すときは、病瘍の度はいよいよ甚しくなって来る。しかし色づいた動物を蕎麦で飼養する場合、暗い所に繋げば病に冒されることはない。実験上、白色の牛の体半分にテールを塗布して、光の化学的働きを遮れば、ただ塗布しない半面だけ発疹するばかりである。これによつても、個体的、局所的、及び一時的の事情は、発病の素質にかなり重大な関係のあるものであることがわかる。

このように特有な現象の起る理由は、蕎麦を以て飼養すると、動物の体内に或物質が生じて、その物質自らは病因とはならないが、光を受けることによってここに初めて病的反応が現れるものである。蕎麦は一種の色素を含んでいて、その溶液は濃赤色の蛍光を放つものである。タバイネルの述べた光力的現象から推察しても、蕎麦中毒は蛍光物質が皮膚に感應を及ぼし、無害な光線までも感じ易くさせて、皮膚炎を起すものと見なしてよいのである。

経験上、毛色の鮮明な犢には、暗色の犢よりもよく種痘し、膿疱発生が佳良で、且つその増殖も旺んである。痘病淋巴を得ようとする場合に、色の鮮明な動物を選定すべき理も、これによって容易に理解することが出来るのである。

第七章 人体皮膚に及ぼす光の作用

光が人体に及ぼす作用を知ろうとするには、第一に太陽の光に直接曝される器官について研究するのが必要である。そこでここでは先ず光と皮膚との関係から始めようと思う。この関係を明かにする為には、日常の見聞を精しく検べたり、また平常の経験に基かなくてはならない。吾々がよく知っているように、顔面や手の皮膚は、衣服で常に被われている部分とはその外観を異にしている。戸外に働く人にはこの差異は特に著しい。農山漁村の人々を都会人に比較すると、前者は顔色は後者のそれよりも遙かに健全で、そして黒く光っている。市内、郊外何れにもせよ、勤労者が腕を捲つて働けば手の甲が赤く褐色に輝くばかりでなく、捲くり上げた腕まで日に焦けて逞しい。また演習地から帰った兵士が著しく赤褐色に焦け、しかも帽子を被っていた為に額に判然として白く境界線を画して、その猛訓練のあとを物語っているのを見るであろう。

空気と光は人の顔面に強烈の觀を与えるものである。それで国民学校の児童などで顔色の蒼白い者は、何よりも先ず戸外で十分運動させるなり、また都市の子供では田舎へ送つて生活させることが緊要である。婦女子がこの事実を穿き違えて、以前にはよくヴェールや日傘をかざして日光を避け、容色の美を保とうとしたのは實に歎すべきことであった。全く婦女子としては日焦げが思ひの外、恐れるところであった。若し一般的の趣味或いは風俗が蒼白い病人顔を要望したり、または努めて病人面を美しい顔として称賛するような場合なら、この青白い病的な容貌は益々歓迎せられるに至るであろう。

光は外熱として、また内熱として皮膚に対して、生理的及び病的に影響する力がある。しかし皮膚に及ぼす光の影響についての重要な関係が汎く人々に認められるようになるまでには、非常に長い年月を要した。

日焦げと雪焦げ

日焦げは一般に知られている現象である。日焦げ(皮膚の日射病)とは光に対する皮膚の生理的な反応現象が昂じて、病理的となったものに外ならないのである。近年までは日焦げの原因を太陽の熱作用に歸していた。誰でも赫灼とした太陽の光に遇えば、皮膚は暖かく、それからだんだんと熱くなつて来るのを感じる。そして若し熱作用が不快の感じを起して来ると、同時にここに病的変化が現れて来る。

これは全く熱線に基くものであると考えたのは無理からぬことである。化学線は熱線ほど直接に吾々には感じないものであるから、最近まで一、二の学者(シャルコのような)を除けば、大抵の医学書には日焦げの

原因を太陽の熱作用だとしてこれに熱紅斑とか、熱湿疹だとかいう名称を付したことも、容易に首肯することが出来るのである。尤も二、三の学者は全く熱作用がなくとも、なお日焦けが出来るものであるということに注目はしていたのも確かである。つまり氷山を徨つて寒冷に曝された者が、この所謂湿疹に罹ったのを見て、日焦けと雪焦けとは同じ意味のものだと見なしたのである。勿論両方ともが、皮膚に働く外界の作用であると信じたのであるが、その病原的作用の真の因子は、光のうちでも波長の短い化学線であったということは知らなかったのである。

光疹

光疹はツットガルトの皮膚病学者ハンメルが、一八九一年に初めて公にしたものであった。彼は光が炎症の原因であることを、口を極めて称えた第一人者である。皮膚に及ぼす光の作用に関する彼の論文中には、一八八七年にファイエルが光に感じ易い婦人患者に見た観察と、自家の患者に見た観察とを論じている。両方の患者は何れも日焦けに関したものであって、しかも同じ状態で生じたものである。彼はこれによって太陽の光の発炎は、波長の短い線によるものだということを認め、なおこの実験的證明の外に、日焦けは太陽の熱作用によって生ずるものではなくて、太陽の照輝の力の為に出来るものであって、それは一面白皚々とした銀嶺を攀るあのアルピニストによても実證することが出来ると述べ、また雲の反射光というものは、太陽の直射光線よりも却って強く人体の皮膚に作用して、非常に強烈なしかも悪性な炎症を起し、ただ皮膚ばかりではなく、眼の結膜までをも冒して、所謂雪盲を起すようになるものだということを立證した。

この現象はひとり、雪山や氷山だけではなくて、雪のない氷のない山岳でも確かに発するものであるといふのは、つまり日光は低い土地よりも高地の方が却ってその光力が強烈な為である。アメリカのカルフォルニア州の南部ホイットニー山(雪のない)に登ったラングレーの記事にも、「同行者の多くは偶々海拔一五,〇〇〇呎の頂上に登つて日に曝されたとき、谿谷にあったときは全く異った状態になったことを余は目撃した。余自身も亦登山の道すがら、冷い空気に触れていながらも、手や顔が却って強く日に焦けて、頂上に達した翌日には、手は恰も火傷したようになり、顔は殆ど見分けがたいほどに変った。他の者もその程度こそ弱けれ、何れも日に焦けて、殊に手はひどく、下山後も数週間は皮膚の色が黄色に変り、且つ硬くなつていた」と記している。

これ等の事実を洞察してみると、山頂はなるほど山麓よりも低温であるが、化学線就中紫外線の量は高い所

に登るに従い、つまり海拔の高さに比例して多くなつて、しかもその力が増大するということは一番注意すべきことである。直接地表を覆っている気層が厚ければ厚いほど、太陽スペクトルムの紫外線の幅径は狭いものである。高山に登り、たとえ血圧が下降しても、日焦け、雪焦けには何等の影響をも及ぼすものではない。若しこの関係があるとすれば、外部に露出している部位だけではなくて、衣服を纏っている部分にも同様に病的変化を被るべき筈であるが、事実は少しもそんなことはない。

なお光線の作用に関する実験を考證してみるに、皮膚が赤くなったり、日焦けしたりするのは、全く光の力ばかりであって、決して熱の同時に作用する要はないのであつて、この関係を知ろうとするには、必ずしも北国の雪山に登る必要はない。春の初め頃、日光を浴びながら長時間散歩すると、まだ暑さを覚えるほどの季候ではないに拘らず、顔面殊に鼻、耳、額は赤味を帯び、手の甲などが^{あか}緋くなるのを見ても明かに知ることが出来る筈である。或いは場合によっては、その変化が強く現れることもあり、また日光に曝されたときよりも、更に二、三時間遅れてから赤味を帯びて来て、同時に疼痛を感じて腫れ上がり、また眼瞼や耳殻の外縁は腫脹して水疱が生じたり、衣類で摩擦でもしたりしたときには、皮膚を傷つけて漿液を漏らしたり、眼は結膜炎に罹ったりすることが往々あるものである。

光に慣れること

光から受ける影響は人によってかなりの相違のあるものである。

また同じ人であっても、時と事情によっても違っている。今述べた散歩の場合でも、或者は顔にほんのりと紅味をさくらいで、いかにも楽しそうに元気よく、我が家に帰る者もあれば、またこれに反して或人は皮膚に痒い感じと焼けつくような苦痛とを訴え、顔面や手には炎衝、つまり発赤、腫脹、発疱、浸潤を起すものもある。そしてこのようないろいろな症状の継続時間も、亦それ異っているものであって、または半時間も経過すると、その発赤が消えてしまうが、他の人は三日から五日ぐらい経っても、まだ鼻の先^{あか}の緋味が除かれずに、また或人は頬や額に赤い鱗斑が残り、耳殻と頸に痴皮が生じて、表皮がだんだん剥がれたり、或いは顔面を強い太陽光に当てただけで、急に不快の感を抱くものもある。このような日焦けに罹った患者でも、初め散歩する際は少しも暑さを覚えないのに、こうも激しく焦けたのかと思うことは、吾々がしばしば見聞するところである。日光に浴しながら戸外に遊ぶ者が、愉快極まって胸を拡げ、帽を取り、頸筋を露わし、腕を高く捲り、甚しくなると衣服を脱いでまで

日光に曝すような場合は、最も日焦けに罹り易いときである。こうした局部的空気浴、日光浴の後には間もなく不愉快な気持がして来るものである。なるほど最初こそ心地よきように思われても、皮膚の赤味が漸次強くなり、炎衝はいよいよ進み、そして疼痛を感じ、衣服の摩擦さえも堪えがたくなり、水泡から滲む液の為に益々不愉快となるのである。その治療法としては軟膏、湿布冷罨法を施してその疼痛を治すようにして、また傷んだ皮膚のためには、身体の運動を避けなければならぬ。こうした炎衝の現れは、山岳跋涉家に於いても亦同様である。近時わが国でも登山熱が旺盛になつたが、殊にヨーロッパ人は以前より好んで氷河に攀り登山を試みた。幾多の危険を顧みないでアルペンの世界に進むのであるが、忽ち顔面や手頸や膝蓋の部分に、山地の空気と光線が作用して、炎衝を起すのを認めるのである。このように平素は衣服で被われている部分が露出すると、皮膚は発赤腫脹して疼痛を訴えるようになる。殊に膝には著しく炎症が現れるものである。この点からみれば衣服はただ単に寒冷を防いだり、身体周囲の温度の変化に備えたりするばかりでは無く、同時に身体皮膚に障害を与える光に対しての防護物となっていることは、多くの人々の気付かないところである。

日常は光に曝されずに隠れている部分の皮膚が、偶然か或いは故意に光を受たけ場合、慣光の程度が少ければ少ないだけ、光の反応は却って著しいが、着物の外に露出している部分は、いつも幾分の光を受けて、その刺戟に慣れているので、その反応はさほど大きくはない。しかしその慣習程度は場所によって異っているものである。

光に対する感受力は一定の平衡を保っているが、一度光の強さとか時間に非常な変化が起れば、慣習的感受力の平衡は破られて、ここに初めて皮膚に作用を及ぼすことになる。こうしたこととはまた熱にしても同様である。常温では気のつかないものでも、寒暖の差がひどくなると、初めて神経が興奮して来るものである。総じて物理的、化学的作用は、光や熱の刺戟がその日常の度を著しく越すか減ずるかによって、初めて認められるものである。

冬期では身体の表面に影響することは比較的に少ないが、それでもこの日脚短い季節に於いてさえも、平常の生活状態に障害を及ぼすものである。冬期または衣服を纏うたときは、皮膚の慣習性は鈍くなるものであるが、初春の候、太陽が緯度高く移るとともに化学的有力成分も増して来て、その為に顔とか手とかに日焦げが出来、またそれ等の皮膚が日光に対する慣習の平衡を破り、臓器にまで全然目撃しがたい作用を誘発す

るようになる。皮膚が外に露出していれば日光に慣れるが、若し衣類にでも被われているときは光に慣れていないところから、その感応力が鋭い為に、特に日永の季節には故意にしてもまた偶然にしても、空気浴なり日光浴なりをして、部分的に乃至は全身的に強い且つ長い時間の光を受けると、忽ち激しい炎衝に冒されるものである。それ故に、日光浴に際しては必ず医家の指揮を仰がなくてはならない。さもなければ日光浴の為に不慮の結果を招いて、ただ顔面ばかりではなく身体の他部までも冒されるようになる。

極地探検家の経験

前述の光の作用には、熱線が大関係をもっているのだと異論を称えるものも多いが、しかしこの疑問は極地探検家などの齎した興味ある報告で氷解されるであろう。極地探検日記に徴してみると、氷点下の寒さでも日光が皮膚に及ぼす作用は、熱帯地方よりも寧ろ遙かに強いようである。ラング日誌の六月十五日の條に、ウランゲル島の北方、北緯七十九度の地で凍えた当時の有様を記して、「昼間五度の温度であるに拘らず、深更から手と顔面に灼熱を感じ、しかも腫脹して焼かれるような苦惱を経験した」といっている。

また一方ノルデンギヨルトのグリーンランド遠征隊報告にも、「乾燥、透明、稀薄の空気を通して太陽の光によって露出した顔面及び皮膚は屑片となって剥落した。そしてこのような症状が再三反覆して起ったことは、熱帯地方に於いてすら見ない」といっている。

次にベルソンはスウェーデンのグリーンランド遠征から帰つての話に、「氷上を歩行したところ、同行者は熱のために甚しく冒され、顔面と耳の皮膚は発赤腫脹して疼痛を覚え、恰も丹毒のようになった。そして水疱を生じて、火傷のような激しい灼熱を感じ、天幕の内に入ったときなどはもう堪えがたいまでに甚しくなつた。疼痛はだんだん拡がり頭部にまで及ぶようになり、その刺戟の結果、奥から薄い腐敗臭の分泌液を出すようになって、その一部は結痂したが、やがて灼熱も幾分か減退した。こうした皮膚炎は幾度となく繰返され、ただ吾々だけではなく、平素潮風に曝されていた漁夫も、また天候不定に馴れたラ普ランド人さえも、みな一様に冒された」と述べている。

ウィドマルク自らもこの病症に冒されて親しく観察するの機会を得た。そ体験談によると、「終日赫灼とした日光を浴びながら冰雪の間を旅行したときのことであるが、そのときは眼鏡をかけていたので幸に眼には別段のことがなかったが、顔面や皮膚は強い光のために激しく冒され、為にその第一日は皮膚にかなりの熱を感じた。そしてその翌日は特別に鼻と耳とが激しく発

赤して腫脹を来たし、同時に灼熱感を覚えた。患部の皮膚は頗る鏡敏な感覚となり、五日目にはとうとう皮膚が剥脱した」ということである。こうしてみると日光の直接作用は直ちには現れないが、翌日になりて明らかな症状を呈するようになるものだということがわかる。

電気の光による皮膚の炎症

更に他の観点からして、人体の皮膚に及ぼす化学線の意義とその作用を説明することが出来る。

嘗てパリのクリュゾーとモスコーのコロチナの両金属工場に於いて、ベルナード式の金属電気溶解法を応用したことがあった。これは直径約二五粍の炭素棒を一極として、加工する金属を他の一極として高圧電流を通ずるのであるが、そうすると長さ約五粍の電弧が生じ、その温度が二九,〇〇〇度から六〇,〇〇〇度に達するものである。しかしこうした驚くほどの高温にも拘らず、熱線は非常に少なく、一米の距離にあっても、一分間に温度二度を増すぐらいで、若し距離が五米であればもはや温度の上昇を認められないほどである。しかし一〇米から一二米を距てて作業している人は、光の被害を受けて眼には黒眼鏡を用いていたにも拘らず、強い炎衝に冒され、皮膚には一見激しい火傷のような日焦けの現象が見えるのであった。こうしたわけで工務員達は恐怖戦慄して、職の難易とか賃銀の多寡などを問わずに、誰一人残るものもなく他の工場に転出するようになった。その為、会社は一時に事業の経営が困難となったので、医者にその研究を託したのである。そこでこの研究者の一人 — マクラコフは、コロチナ会社のその状態を研究し、且つ出来るだけ、工員に対する保護策を講じたのである。マクラコフは先ず自らを右の電光に曝して得た体験と、工員の経験とを総合して研究した。その臨床記事によると、この光に当たるとすぐに皮膚と眼とは灼熱を覚えて、それから三時間から四時間経つと、今度は水涙を垂らしたり、落涙したりする。なお四時間も続けていくとひどく咳嗽を出すようになる。そして実験の初めから八時間乃至一〇時間ぐらいすると、眼の刺戟は益々進んで殆ど堪えがたくなり、それがまた四時間から六時間も継続すると、やがて皮膚は黒くなり皮膚の剥落も少なくなる。そうすると結膜の粘液性と膿液性分泌も薄らいで、刺戟もやや減じ来て皮膚は黒色勝ちとなる。第三日には外皮剥落が止み、第六日になれば前記の症状は大部分消失して、ただ軽い外皮の剥落と皮膚の強い着色が残るだけであるが、その状態が数週間も続いた。また工務員と光線との間に熱線を吸収するような中間物を挿入しても、以上のような光線の作用には少しも変ることはなかった。それ故にこの病症の原因は熱線に関

係するものでないことは明かである。若し赤と青との混合した色に染めた被物、或いは覆面で皮膚を蔽えばこの火傷を防ぐことが出来るのである。なぜならばこの色の被覆は青紫線と紫外線を吸収するからである。また一方クリュゾー工場では、テフォンターが研究して、前者と同様の方法によって、やはりこの症状は弧燈から発した化学線に起因するものであることを確め、その予防は光に対して講ずべきものであって、熱には何等の処置を探らなくとも差支えのないものだと主張した。

実験的研究

光の作用については、各方面から同じような実験的研究が報告されているが、これは光の作用の疑問を解釈するのに与って力あるものであるから、今その二、三の実験例を紹介しよう。

ワイドマルクはその実験に弧燈の約二〇〇燭光力を集合したものを光源として、光の組成とかスペクトルムの性質とかを研究して、太陽光線の関係を推論した。彼は硝子がスペクトルムの波長の短い化学線を吸収し、石英がこれに反して通過せしめるものだという自分の経験に立脚して、白子(所謂先天的色素欠乏)の家兎の毛を剃って、それに弧燈の光を並行光線として、石英を通して三時間継続投射したところが、翌日になって見るとその光の当った部分だけは発赤し、その「度」も漸次に増加したが、第四日目からは次第に上皮剥離が行われて消失した。次いで皮膚と光源との間に硝子を挿入して、同じような試験を行ったが今度は少しも発赤しなかった。即ち硝子は紫外線を通過させないからである。更に長さ五、六粍で径五粍の金属管を試験的に作つて、その一端には石英レンズを嵌め、他の端には硝子の平板を嵌めた。なお外に今一つの管を作つて、それには石英レンズのみを嵌合させた筒とした。そしてこの各筒を通して弧燈の並行光線をそれぞれ白子の家兎の毛を剃った皮膚に投射した。すると石英のみを通過した方の光線は紫外線を含むことによって、これに曝された皮膚は二四時間後には紅斑が出来て、また脱皮し二週間経ってもよくこれが認められた。しかし他の方の光を受けた皮膚は、少しも害を受けなかつた。この実験によても、石英を通過した紫外線を含んだ光だけが、皮膚に発赤を起さすものだということがわかる。しかし石英でも硝子と同じように熱線だけは通過させるものであるから、これを防ぐ為にワイドマルクは筒の中に水を充たした。その理由は、水を充たして置けば赤色光線や赤外線は吸収されるが、化学線を通過させる性質をもっているからである。それで今、弧燈の光線をこの水に通らせて、前通りの実験を試みてもやはり同様に紅斑が出来るのを見れば、結局

熱線では何等の影響も及ぼさないことが明かである。

水が熱線を吸収するように、硫酸キニーネ溶液は紫外線を吸収する。ワイドマルクはこの理を応用して、石英レンズを嵌めた筒の中に硫酸キニーネ溶液を容れて、これを通過した光線で、前通りの実験を繰返したところ、家兎の皮膚には少しの影響もなかった。つまり皮膚に当った光線は、単に「光明」として見える光線だけであって、決して反応を現す力をもっていなかったのである。これによって紫外線だけが皮膚に炎衝を起すということは認められた。

ハンメルはワイドマルクの実験を自分自身の皮膚に応用して、その実験を確めた上に、まだ知られていなかつた興味ある事実を付け加えて、これと熱線との差異を明かにした。その実験に使ったアルカンド燈の瓦斯ランプのホヤは、ルビン赤色硝子のホヤが嵌めてあって、ちょうどそれは写真暗室の乾板現像用のものに似た物であつた。このランプの赤の光線は勿論、他の照輝する光線の大部分をも含んではいるが、ただ化学線の含有を欠いているのである。さて彼は左上腿の皮膚を絆創膏なり、褐色の紙なりで被い、その所々には小窓を作つて皮膚を露出して、その部分を光線に曝した。そしてランプと皮膚との距離を一〇粂から一五粂ぐらいにしたところ、非常に熱く感じた。その距離を近づけるに従つて、不快を感じ遂には堪えられぬようにまでなつた。彼のいうところによると、「この実験ほど不快な熱さを感じたことはない。太陽光線でも電気光線でも、いまだに経験したことのない不快そのものであつた」と。

光に曝されてから二五分間で皮膚は発赤した。初めは暖かさを感じたが、漸次に熱くなり、しまいにはどうしても光線から遠ざからざるを得なくなつた。そして一時間後には皮膚は強く発赤し、中に二、三の鮮かな斑点が現れた。更に一時間になると曝された皮膚ばかりではなく、その周囲の絆創膏で被われた部分までも激しく発赤した。ただ褐色紙を載せた部分だけは流石に発赤しなかつた。それからなお一時間を経たところが、その斑点はだんだん増大してしかも明瞭に現れて、遂に皮膚には大理石のような模様が現れた。しかしそれから二時間ぐらいするとその斑点はひろがつて大きくなつて、激しく発赤した所も薄くなつて來たが、その他は依然として薔薇色をしていた。実験の初めから一二時間目には、光に曝された皮膚はその周囲の境界がはっきりして白っぽい赤味を帶びていた。更に時が経つにつれて皮膚から赤味は消えて、外見上全く普通と違わなくなつた。

熱線も亦紫外線と同じように皮膚に作用はするが、しかし熱線が化学線と違つて、皮膚に作用するその熱は

あまりに激しくはないのである。

熱線が若し皮層に当ればすぐ発赤するが、また忽ちに消滅する。しかし一方化学線によって生じた発赤は、潜伏期を経て漸次に現れて、その症状も持続的で且つどの場合でも、これに冒された皮層は鱗片状に剥離して、後には色素沈着を来すものである。その光に当つた皮膚は赤色になり、次いで褐色になるのである。化学線の作用は、直接光に当る部分だけに局限されではいるが、熱線は被われた部分にまでも一様に作用するものである。たとえ皮膚が密に被われていても、強く冒されることがある。ただ被覆物が余り厚い物であるか、或いはその色の鮮かであるときには起りにくいものである。

ハンメルとワイドマルクとの親察に基いて、フィンゼンも亦有名な実験をした。その実験は自分の腕に石英板や、いろいろな色硝子片を載せ、その傍に墨で二、三の文字とか線などを描いた。そして他の部分の皮膚には、いくらかの間隔を置いて軟膏を貼り、所々に皮膚を露出して置いた。光源としては八〇アムペア約四〇、〇〇〇燭光の弧燈を使用して、腕と光源との距離を初めの一〇分間は五〇粂とし、次の二〇分間は七五粂とした。そして光線を受けるに一番適当な位置つまり炭素棒の軸に対し、四五度乃至は五〇度の角度に腕を保つて、二〇分間光に曝した後、石英板や硝子片を取除いて墨を洗い落したところ、皮膚はどこも一様に発赤して、被われない部分までも同様に発赤していた。二時間後にはこの発赤は幾分か減じたが、なお一様に赤味を帶びていた。更に時が経つにつれて、発赤は却つて少しく増加したが、それは被われない部分と墨を塗らない場所とに限られていた。翌朝、即ち二時間後には、皮膚の露出していた部分は赤黒くなつて、反応はだんだんに明瞭となつて、火照の感覚は非常に過敏になつて來たが、実験中、墨を塗つた部分だけは白くて變つたところがなく、また前に描いた文字は周囲の赤い部分から、白く鮮かに浮出して來た。これに反して石英を載せた部分は、露出した部分のように赤味を帶び、そして火照りの感覚も鋭敏となつた。要するに皮膚の露出部とか、石英板を通じて化学線の当つた部分とかは、到る處に炎衝を起したのである。発赤も二、三日後からは漸に消失して、同時に皮膚は小鱗片となつて剥離し、それが二、三日間も続いた。次に早く発赤した部分は、ひどく色素を沈着して、もはや元の白色には戻らないで褐色となつた。この色素沈着は一箇月も繼續して、半箇年後でもまだ明かに認めることができた。

この実験も亦熱線が、化学線と同様に皮膚に作用を及ぼし、発赤を起すものであるということを示したもの

である。しかし熱線はもともと働く瞬間にその作用が現れて、働き終ればその作用の現象も消失するのに反して、化学線は初めは少しも発赤を起さないが、時間が経つに従って次第にその作用を現して、漸次亢進して極度に達するものである。この実験によても、光の化学的作用性は紫外線に存するものであるということが知られるのである。

フィンゼンはこの上更に実験を行って、スペクトルムの色の或部分と皮膚との関係について、一層詳細に研究した。その実験は太陽の光線を光源として石英レンズ集合装置によって、光線を集合して行つたものである。腕に載せる硝子も予め分光器で調べて、或一定の波長の光線だけを透過させるものを選んで置き、集光装置でも石英レンズと光との間に熱線を吸収するような水層を挿置して、また一方、その腕には絶えず冷水を灌ぐようにした。そして石英、無色硝子、青硝子、紫硝子を通過させた集合光線を皮膚に当てたところが、どれもみな炎症を起した。しかし一方赤色や黄色や緑色の光線では、皮膚には一向発赤を生ずることがなく、また青色と紫色の光線で出来た炎衝も、石英や無色硝子を通った光線で出来た炎衝ほど強くはなかった。一般に無色硝子を使った場合に起る炎衝の理由は、硝子ただは外部紫外線だけを吸収して、青色や紫色の光線を通過させる為に、軽度ながらも炎衝を起すのである。

フィンゼンは太陽スペクトルムの化学的成分のある認識線も、亦人体の皮膚に化学的作用を及ぼし得るが、その作用は紫外線の作用に比較して、遙かに劣っているということを報告している。吾々が硝子室で光線療法を試みるときに、内外紫外線の化学的作用として、日焦けとなって皮膚に現れるまでの潜伏期が、いかに永いかに驚かずにはおられない。そればかりでなくたとえ幾日も日に曝され、また温熱の烈しいときでさえも、なお日焦けの出来るまでには、非常に時間のかかるものであることを体験するであろう。しかし硝子室の窓を開けて、直接射込んで来る太陽の光に皮膚を曝すと、光線の化学作用によるすべての現象は即座に現れるものである。

皮膚の生理作用

吾々は既に日焦けや雪焦けが、光線によって生ずることを学んだ。また化学線は皮膚に病的変化を起すことも実験上で知ることが出来た。これ等の経験で吾々は光に発病的作用のあることを知り、また更にその病理的範囲にまで立入ったのではあるが、まだ光の皮膚に及ぼす生理的関係については述べていなかった。しかし光の病理的作の研究は決して等閑には出来ない問題である。想うに病理的作を研究するには、第一にその有害な作用を知つて、光の生態学的

性質を詳細に研究し、第二にはその影響の病的に亢進する反応現象を知ることになれば、これによって從来しばしば看過され勝ちだつた、また理解しがたかった生理的作用を、十分に理解することが出来る。

皮膚の発赤

皮膚の病的状態と認められる皮膚の炎症、つまり発赤は光線によって生ずるものである。皮膚の色に影響するものは、他にあるかどうかはともかくとして、炎衝の強弱は光線の性質に大きな関係のあることは明かな事実である。はくせき白皙人種の皮膚の色は、淡紅色に帶黄色か褐色かを帶びているもので、淡紅色は血液により帶黄色と褐色は色素の為であって、この二者が相合して皮膚の色合いをなしているのである。實際この二者は光線作用を受け易いものであって、日常吾々が見るように、沢山な人の顔面、頸部、手の甲は身体の他の部分よりも色が遙かに濃く、衣服に被われている部分と被われていない部分との境界は頗る明瞭である。所謂農山漁村の戸外勤労者はよく日に焦げた模範者であつて、日に照らされ風に吹かれて、いろいろと気象の影響を受けながら長時間野外にあった為に、皮膚の色合いは黒く輝いているのである。

塞暖も亦疑もなく、皮膚の外觀を左右する要素であつて、血管を拡張または収縮して、皮膚に血量の増減を促がすものである。その寒暖の作用は僅か一度の差でも、既に起るものであるが、或いは数回または数十回反復して作用すると、皮膚の外觀や性質の上に、永久的な影響を及ぼすものであるかどうかについては、今日になつてもなお疑問となつてゐる。先ず熱で生じた皮膚の変化状態を検してみると、二種類に区別することが出来る。第一種の発赤は直接の熱紅斑であつて、光紅斑の場合とは反対に、既にハンメルやフィンゼンの実験で見たように、熱を受けた際すぐにして、またその消失することも非常に迅速なものである。しかしこんな紅斑を生じさせるような強烈な熱は、少なくとも吾々の棲息している地球上には存在しないから、自然的皮膚発赤について論ずるに当つて、直接この熱紅斑に関しては多くいう必要はない。

第二種の発赤は、間接の熱紅斑であつて、周囲の空気の温度が高くなつた為か、或いは体温が上昇して血液が皮膚に充填した場合に現れるものである。この現象が度々繰返されるときには、皮膚の赤味が永続するであろうことは、誰しも一応は考えられるところであるが、事実は却つてこれに反しているのも面白いことである。高度の熱に長時間しかも幾度も反復して曝される場合、例えはパン焼き人や火夫や鑄物工員等の顔色は、割合に蒼白であつて、一見してその職業を判じ得るほどである。また白皙人種は熱帯地方に永く在住し

ていても、一向顔色に赤味が増さず、寧ろ蒼白か灰黄色となるものであるが、これは皮膚に色素が増加しても、血液が豊富でないからである。このように色素に富んでいても、血液の少ない人の顔色は蒼白くて、色素とともに著しく血液の多い人とは、全く異った容色をしている。これから考えて、熱というものは皮膚に永続的の発赤や赤黒色の外観を、与えるものではないことがわかる。

しかし寒冷の場合はこれと聊か趣を異にするものがある。^{いささ} 皮膚が寒冷に遇えば、その表面に分布している毛細血管は収縮して、皮膚の血量が減じ、従って色も蒼白くなり、別して烈しい寒冷に永く曝された場合には、激しい充血を起すことは、一度耳や手が凍傷で悩まされた者によく知っているところである。一過性の寒性発赤は、二時間乃至三時間継続しても、光紅斑のように二、三日にも亘ることはないが、鬱血によって生じた寒冷斑が反復して起る場合は、その結果が皮膚に持続的血液過剰を来たして、所謂凍傷を起すものである。こういえば家政婦などの赤褐色に凍えた手を憶い出すであろう。彼等は実は寒冷の為ばかりではなく、多少は光に永く曝された為に起つたものである。そのうちのどれが主な原因であるかは多くいうの必要もないが、寒さに遭わなくとも強い集合光線に照されただけで、持続的の発赤が出来るものであるから、これに關した日常の経験とその実験とを左に掲げてみよう。

光のない寒冷は、この意味で少しの働きも及ぼさない。例えば冷水浴とか冷灌水などは、皮膚を一時的に赤くはさせるが永続はしない。フィンゼンは冬期数箇月の間、極地で張烈な寒氣と暗黒に悩まされた北極探検家の経験談を、引證して次のようにいっている。「こうした冬期生活は、必ず皮膚の色に変化を来たすものである。即ち顔色は淡黄色または緑黄色となるものであるが、それは暗黒の為である」と。

ギルレン・クロイツは一八八二年から一八八三年にかけて、スエーデン遠征隊に加わって、スピッツベルゲンに向かつたときも、この問題に関して詳細な研究をした。

その後或学者と極地探検家の皮膚の色の変化について討論があったとき、彼は次のような意見を述べた。「このことは観察者の主觀的印象に基くものであって、即ち観察者の異常な色感によるものである」と。極地探検家の眼が久しく日光を見ない為に、こうした誤に陥ることは蓋し想像され得ることである。その遠征隊の同行者の一人は、春が再び廻って来たときでも、他の同行者の皮膚の色が元通りに見えるようになるまで、なお暗黒の中に蟄居していなければならなかつたことを経験した。そしてこの苦しい経験に機関師のアンド

レー自ら身を挺したのである。その後、気球に乗り不幸にも落命して世に知られたアンドレーは即ちこの人である。

ギルレンクロイツはその当時の報告書に述べて、「時は一八八三年一月二〇日であつた。この日に初めて黃昏が現れた。アンドレー君は吾々が日光の力によって普通の色になるまで、暗黒と人工光線の中に留るべきことを進んで申し出で、その日からすぐとこの難行に取りかかつた。そして翌月一二月二一日には、光はスウェーデンの冬の日に相当するくらいになった。吾々は海拔一五〇〇フィートの山から太陽を見て、その正午になつて一般研究を始めた。同行者はお互にその顔色を吟味し合い、また自身でも鏡を見てその判断を確かめた。こうして得た判断によると、吾々の顔色は白く淡赤い色をしていて、ちょうど赤い霧でも吹きかけられたように見えた。その内の一人は鼻翼がぼんやりした灰色になっていた。このときアンドレー君は暗黒から出て来て、先ず各自の顔色を批評したところが、すべてやはり自分達の行った批評と一致した。次に彼自身を他の人々と比較したところ、彼はもと紅顔の人であったが、今はひどく灰黄色に変じている。彼自身も亦、鏡でこのことを認めた」と。この報告によって、極地で長く続いた寒冷に遭っても、ただ寒さばかりでは皮膚に持続的の発赤や、所謂天氣焦けといったような現象が現れない。しかし寒冷と光とに著しく曝された人の経験に基くと、寒冷は光の着色作用を助長するものであることがわかる。要するに、どんな場合でも赤い顔色となるのは、大気や気候的要素の中でも光が最大の條件である。

光が皮膚や血液に働いて、従って皮膚の色調を変えるこの作用は、その全般を知るにはこの観察の外に、フィンゼンが前に述べた実験をも回想してみよう。フィンゼンは、自分の腕に実験して知つたことは、光が皮膚に作用して、炎衝を起させるものであつて、例えば人の皮膚を持続的に光に曝すと発赤が現れて、その発赤がなお少しの間は残つてはいるが、続いて皮膚が剥離し、色素沈着が著しく永く続くということであった。この色素沈着は勿論、光によって生じた皮膚の発赤の結果である。そしてなお著しいことは、光に曝されて一度その反応が現れた組織は、永い年月に亘つて興奮するが、これはつまり刺戟感受性を持続するからである。フィンゼンは実験した自分の腕の発赤が、消失した後も数箇月間は少しの刺戟に遭つただけでも、いつも必ずその場所が赤くなるといつてゐる。

治療用の照輝ランプで、強く身体の一部を（旧五十銭銀貨大に画し）一〇分から二〇分間ぐらい照らすると、驚くべきことにはその後、半箇年ほど否それよりも

つと永く経っても、摩擦とか洗滌とか入浴とかによつて、皮膚の発赤が再発するものである。

また神経作用や心臓機能が亢進すると、今まで外見上消失していたような紅斑が再び現れることがあるし、一度このように皮膚が光に曝されて起った変化は、電気浴なり光浴なり海水浴などによつても、また明瞭に現れることがある。こうした場合には強い充血ばかりでなく、偶々組織に点状或いは線状の出血を来すことなどもあり得る。これは化学線が皮膚の血管に一度作用すると、その結果として刺戟を受けるや否や、血管は永い間、しかも強く拡大されて皮膚に発赤を残すからである。そして強い光を一度に受けるのと、弱い光を短時間ずつ繰返して幾度も受けるのと、その作用する持続時間は同じ程度である。顔面、頭部、手の甲及び頸筋の赭色や褐色を帯びているのは、強い光或いは弱い光が僅かながらでも常に絶えず相踵いで作用した結果である。日光浴や電気浴を常用すれば、たとえ比較的弱い光でも繰返して受けているから以前には真白であつた皮膚も、赤く或いは黒くなることは確かである。顔の日焦けする理由はこれによつて明かである。そして皮膚が初め著しく赤色を帯び、それから淡黒くなることも、ただ光の作用だけによるのだということも亦明かになった。

光は日焦けのような急性発赤を来たすばかりでなく、或程度までは慢性発赤をも生ずることである。光が絶えず作用すると、皮膚には一定の生理的赤味を帯びて来る。

勿論この慢性発赤は各人の日常生活での光の当たり加減によって、その度を異にするものであつて、例えは同一人でも着物で被れている部分と、露出している部分とではその色の差も違つて来る。その度がいよいよ強いて所謂日に焦けた人であつて、健康な若々しい顔というものは、この慢性発赤や血液が皮膚に満ちたものである。しかし皮膚の色合いはただ赤色の調子ばかりによって定められるものでもない。人体皮膚の色合いは、血液循環のほかに皮膚に沈着する色素が大きな意味を持っている。誰の皮膚組織にも色素粒が含まれてはいるが、各人それぞれに多少の差があるものである。色の差は人種によつても相違しているし、個人でも、身体の部位によつても色素量を異にしている。殆どすべての人々は乳頭とその周囲は他の部分よりも色素に富んでいる。

皮膚の色素に関するむずかしいいろいろな問題は今ここでは触れない。また色素の成因については、まだ十分に満足な説明をすることも出来ないのである。ただ吾々の体内に生理的或いは病理的作用が行われると、色素粒が生成されて皮膚に輸送されるものである。な

おこの色素が身体内に蓄積した機能についても詳細に知ることが出来ないが、ここには興味ある皮膚色素と光との関係だけを述べてみようと思う。

化学線が皮膚の色素に影響を及ぼし、また光の為に色素が増加するということなどから考えて、色素が光に対して皮膚を防護して、延いては全身を保護する作用のあることは事実である。

身体の表面にある色素の防護力は、炎衝を起す波長の短い光線を吸収する作用のあることに基くもので、従つて身体に無害な赤色とか黄色とか緑色光線は、皮膚の色素には少しも吸収されないのである。

色素沈着

通常色素の増加は、皮膚に作用するすべての光線によって起る必然の結果であることは、既に述べたところである。皮膚が太陽の光や雪の反射によって、必ず色素沈着を来すものである。色素はしばしば発赤がまだ消えないうちに出来て、赤味や黄色或いは黄褐色を帯びていて、その発赤が淡くなるに従つて色素はだんだんと明瞭に現れる。なお発赤が消え去った後でも、永く光に当るとこの部分はまた必ず褐色になるのである。この色の変化を顕微鏡下で検すると、光に当った皮膚就中表皮細胞には、新に生じた色素粒の集合しているのが見える。化学線はまた血管にも作用して、発赤を生じさせるばかりでなく、色素系統にも変化を起さるものであるが、熱線だけには色素生成の作用がない。熱紅斑と光紅斑の相違点の種々あることは前にも述べたが、なかにも色素沈着を伴わないことはその主なもの一つである。

色素沈着の前には必ず光紅斑が起るものだとは一概にはいえないが、発赤や炎衝がなくとも、光の為にしばしば激しい色素沈着を起すことがある。光によって色素粒を新生する組織の反応は非常に顕著であつて、血管に働く光が弱くてもなおよそその反応を現すものである。浅春の頃とか、偶々田舎に滞留する際など、顔面や手の甲には少しも発赤の徵候も見ないので、黒くなるのを自ら経験しながらも、なおそれが日焦げの現象であることを知らないものである。真夏の太陽が顔や手足に発赤を来たすことを少しも気付かないで、夏とはなれば皮膚がすぐに黒くなるものだと思っているのはおかしいことである。

勿論偶然に日光に強く照された結果、日焦げが急激に現れるような場合には、その色は非常に黒くなる。夏日斑とか色素母斑のある人々が、強い光に再三曝されるとときには、光がそれに反応することも明かである。田舎に滞留したり、郊外に出たりしても、別段に発赤を起すことがないので、たとえ夏日斑や色素母斑が明

瞭に現れて外見上その数が増加しても、人々はなおその反応には気付かない。これに反して褐色斑は光の発炎作用に対して、立派な防護物となるものである。

光線作用を詳細に解析してみると、発赤と色素沈着とは関係なくして、単独に起るものとは考えられない。日常の観察や最近の組織学的研究の結果によつても、この両者が互に密接な関係のあることは明かである。

温帶地方にあっても皮膚の色素発生は旺盛である。皮膚が強く褐色になるときはやはり太陽の光の強いときであつて、太陽が吾々に近づくほど皮膚の色はいよいよ黒くなる。色の白い人に色素沈着の現れるのは通常夏の末頃が顕著であつて、秋から冬にかけて漸次減退するものである。但し北国地方では、夏は太陽に曝され、冬は雪からの反射光に浴する為、四時に涉って起るのである。例えばエルガチン地方で運動を好む青年達によく見る色素沈着は、冬期に於いては殊に著しいのである。

赤道直下の土人には皮膚の色素含有量が非常に多い。色素の化学的性質は人種を問はず万人同様であるが、ただその量を異にするだけであつて、黒人が黒色を帯びているのは、所謂固有皮膚の上層に色素が多量に発生集合しているのに外ならない。これはつまり赤道附近では、光に含まれている化学線の多大な害毒に対する天与の防護である。各人種はそれぞれ永い成長の間に、だんだんと光の強さに適応するようになつたものと思われる。事実地上では光の多い所と少ない所とではその皮膚の色素の発生に非常な相違を来たすものである。ヨーロッパ人でも南方に移れば色は黒くなるものである。色の黒くなるのは遺伝的関係を除けば外になお光に大きな要因がある。もし各人種間について、日に曝されることと色素の沈着とを比較したとしても、両者は必ずしも並行するものでないことがわかるのである。嘗てビーがいったように、皮膚は常に受けている光線の強さに比例して、ちょうど色素を加減していくように見える。

つまり白皙人種も南方に行くほど色が黒くなり、黒人も亦永く北国に住み慣れがあれば色は淡くなる。若し黒人の皮膚が太陽光線の熱の弱い地方に於いて、世代を重ねる内に、漸次色が白くなるようなことがあれば、これは實に興味のある問題である。

フィンゼンの黒人の皮膚の色づく理由に関する研究は、人類の皮膚色素の意義に対して、重要な新見解を開拓したものである。彼はボートの選手が季節の初期に当つて腕を捲って遠漕したところ、強く太陽紅斑に犯されたが、しかも日に曝されまたその影響を受け易い顔面や手には、少しの徵候がなかったことに気付き、これは顔面や手は平素から光の作用を受けていた為に、

色素が発生していて日光に曝されたこの場合防護作用をしたのであるが、この腕でも一旦初めに強い作用を受けて発赤して、これに色素沈着が出来れば、たゞこれから強い太陽の光に照されても、もはや再び過敏ではなくなり、太陽紅斑に悩まされるようなことはないと信じた。であるからフィンゼンはこの色素沈着を、「光の必要なる作用」と命名した。實にこの色素沈着こそは、炎衝を起す化学線の働きに対して皮膚を防護する殊勳者である。

ウンナは既に一八八五年に、光は皮膚に化学的綜合作用と分離作用とを起して、色素沈着の一定度以上に進むことを防ぐもので、その進行の阻止は生成された色素自身によって遂げられるものであるということを説いた。光が猛威を逞しくすればするほど、色素沈着も旺盛になり、その色素もだんだんと帶黃褐色となって、青色と紫色光線を特に吸収する能力のあることを考えると、この青色と紫色の光線、所謂化学線はまた色素線とも名づけることが出来るのである。

フィンゼンは色素の防禦作用のあることを実験によって確めた。これは墨で腕の上に幅広い二條の黒線を引いて黒人の皮膚に擬し、この腕を約三時間非常に強い太陽の光に曝してからその黒線を消してみたところが、その部分だけは白くて普通と少しも変りがなかつたが両側は赤く変じた。そしてその後二時間、三時間と時間が経つにつれて疼痛を発え、また軽度の腫脹を作つて紅斑に変じて、その冒された部分と健康部との境界は、非常に明瞭となって黒の線に一致した。この紅斑は両三日間も持続して、表皮にはかなり強く着色した。ここに於いてフィンゼンは殊更に墨を塗らないで、同じ腕を太陽に曝したところが、その結果は前とは全く反対で、先きの白い部分には赤味を發して着色したが、その隣接の(前に照されて色素沈着した)部分には少しの変化も見られなかつた。

バウレスは色素の防護作用について、スウェーデンで次のような人を見た。この人は前日、雪山登攀を試みて皮膚に激しい光炎が生じて顔面の皮は腫脹しておつた。その部をよく検べてみると、腫脹した皮膚の間に小さく陥没した部分があつて、画然と他と区別することが出来た。この窪みこそは夏日斑の褐色素が化学線を吸収した為に、皮膚に害を被らしめなかつた功績の跡であった。この関係を吟味するが為に、現にバウレスはズルネルクラット山への登攀に先立つて、先ず顔面を褐色に染めて登山した。この日は非常に天氣もよく、前日に降雪して強い太陽の光線と雪の反射が著しかつたにも拘らず、少しも冒されたような形跡がなく、これに反して他の同行者の中で顔を染めなかつた者は強く冒されたということである。

そばかす
夏日斑と色素の増加に伴った皮膚変化の現象とはまた反対に、色素の損失に起因する皮膚の変化がある。つまりいろいろな病症に伴って皮膚に白子を見ることがある。これは色素の欠乏と考えるより外はない。この白子にあっては、光に対する天然の防護を欠く為に、光を受けると普通の皮膚よりも更に強く冒されて、非常に強く炎衝を発するし、また光に基いた反応は特別であって着色することはない。

白子とは生来色素が欠乏し皮膚は白皙はくせきであって、淡薔薇色に透き通っているものである。その感光力は過敏なものであって、光を恐れることも非常なものである。この白子の者には、光によって生じた炎衝の後にも、決して着色を来たさないものである。それは白子の皮膚は色素を作る能力が全然ないからである。普通に色素の発育している人には、光の化学的作用は身体の部位によってその程度が異っているものである。その差異は身体の表面にある色素分布が、一様でないことによるものであるが、恐らくは色素の外に皮膚の厚さなども或程度まで、光の防護作用を営むものであろう。黒人の手掌や足蹠の皮膚は、他の身体諸部よりも遙かに色素は少ない。フィンゼンは一定の厚さのある表皮は、光の発炎作用に対してやはり防護力のあることを認め、ブスックも亦実験的にこれを証明したのである。それによると色素の少ない部分の皮膚を二分間光に照らしたときには、既に反応が現れたのであるが、同じ強さの光を足蹠そくせきに投じたときは、それと同様の結果を得るまでには一時間もかかった。

色素の厚薄によって、皮膚の色には黄色、褐色、黒色等の差異を生ずるのであるが、その化学的、生理的の性質はどれも同一であって、炎衝を起す光線即ち化学線を吸収して無害とさせるものである。しかしこの色素は赤、白、黄、緑色の光線だけは吸収しないが、幸にこれ等の光は皮膚にも全身にも少しの害をも及ぼさないから、防護する必要も従つてないのである。

角層色素

以上に述べた血液と色素の他に、人体の皮膚にはなお一つの組織要素があつて、身体表面の外観や色合いに關係し、また同時に光に対して意味のあるものがある。それはウンナが世に公にした角層色素である。これは通常の色素の層よりは上層にありて、表皮の角層細胞内にある。それはヨーロッパ人だけではなく黒人にも同様である。色素粒はここには細くなつて、細胞内に汎く散在している。生理的には黄色であるが、或病気になると濃黃、褐色乃至黒色を呈して来る。ウンナのいうところによれば、この色素は暗い所にあっては緩慢に出来るが、明るい所では迅速に生ずる角質の分解産物であつて、一種黄色を帶びた物質で、しかも

角質内に微細に瀰漫し、その集積の多少の度に従つて、角質は黄色とか褐色とか黒色とかを帶びて來るのである。この角層色素は過酸化水素によって無色となるもので、顆粒性色素の防護作用を助長するものであることは疑のないところである。

表皮の溷濁

メールルの主張するところによると、皮膚の外觀には光の特別作用がある。彼は光に曝された皮膚が二、三日後になると、溷濁して透明質を失うものである。そしてこの変化は暫く残存しているが、漸次に薄くなつて遂に全く消失してしまうことに注意した。上皮が剥離すると再び普通の光沢を發して、天然の透明性に戻るものである。この溷濁は組織的にいえば、皮膚が水腫様に腫れたのであって、上皮内に溶液の増加とか増生機能の充進とかに基いたものである。メールルはこの実験の結果、所謂上皮の溷濁は化学線によって生じ、色素沈着と同様に有実光線に対する防護作用の一つであることを確めた。

毛髪

光はまた毛髪や爪にも影響を及ぼすものである。これ等は夏季には冬季よりも成長が速かで、従つて^{ひげ}剃^{そんぱつ}髪^{うぶげ}は冬よりも夏の方が遙かに頻繁である。ベルドルは実験によって毛髪の成生は夜間よりも日中は十六分の一だけ長くなることを確めた。

婦人患者の治療に際して、強い光線を当てた場合、往々その部分の皮膚に生毛の激しい発生を訴えることがある。また腕を捲り上げて光線療法に従事する看護婦が、腕に毛が非常に増したり、密になつたりすることを訴えることもある。光を毛髪生長を促す作用として治療に應用したのは、フィンゼンの光線研究所から始つたものである。ジエルジールドは禿頭を化学線に富んだ光線に照らしたとき、毛床を刺戟して毛髪に強力な機能や増生を促進した。クロンマイエルは毛髪を生ぜさす細胞に、化学線が作用することを解剖的に證明した。グルンドは同じ研究を家兎の毛を剃った皮膚に試みて、毛髪の再生は暗所であるよりも太陽の光を受けるところの方は、遙かに速かであることを發見した。暗い所では少しも再生しなかつた場合でも、光をこれに当てるとき忽ち再生したことを實驗した。

深部に働く作用

光を治療に應用する際に一番重要なものは、
第一 光は果して皮膚を通過して体内深く侵入し得るものかどうか。
第二 光は皮膚と皮下臓器にも作用し得るかどうか。

の問題である。

若し吾々が眼を閉じて、強い光例えは太陽などを眺めると、眼前に赤色か赤黄色の光を感じるであろう。若し閉じた眼と光との間に不透明体を置いて、急にこれを取去ると、赤い光の感覚は殊に著しく現れるものである。これは光の明輝した部分が眼瞼を貫通して、網膜に達して一種の刺戟を与えるからである。

今、五本の指を揃えて、しつかと付け合わしてランプの光に翳すと、指頭や指間の相接触している部分は赤く光って、ちょうど指骨ばかりでなく、掌骨までも透き通つて見えるかのように現れ、また大きな血管は鮮紅色に明るい手面に、黒い線となって走行しているかのように見えるであろう。殊に貧血の人の皮膚、特に耳殻が割合に透明であることに驚くものである。これ等はすべて眼に見える光の部が、皮膚を透過してもなお吾々の眼球に、特殊の刺戟を与えるに足るだけの力をもっている為である。

化学線の関係に就いて二、三の面白い実験的観察の報告がある。次に列記してみよう。

ゴドネフは細い硝子管に塩化銀を満たして封じたものを、犬か或いは猫の皮下に穿入して日光に当てて、一方またこれと同じようなことを施した一、二匹の動物を、暗い場所に繋いで比較してみた。そしてゴドネフは照射一時間でその硝子管を取出したところが、日に当てた方の塩化銀は黒変しているに拘らず、暗所の方は少しも変化を被らなかつた。こうしてみると化学線は犬、猫の皮膚を透過して、更に硝子管をも透すものであることがわかる。

オニムスは自分の手を写真板に当てて、やはり太陽の光の作用に基くことを明かにした。因に彼の手の厚さは二六粂から三〇粂ばかりであったが、日光の照射時間に五分を要した。

ゲルハルトは自分の手を石膏に包んで、手背を僅か露出しただけにして掌下に写真板を置いて、手の甲を電気弧燈の光に二〇分間曝してから、暗室で石膏を取りて現象したところが、乾板が黒変して、手や指の形が明瞭に現れたのを見た。

ザルソンとダルボアは写真紙を口の中に入れ、頬の外からフィンゼンの集光装置で、光を当てた結果が、その写真紙の黒変を證明した。

ゾルカは臭化銀膠の細片を細い管に入れて、犬の皮下に挿入して、その部分の皮膚に一〇アムペアから二〇アムペアぐらいで電圧五〇乃至六〇ボルトの電光を投射したが、僅かに三〇秒間で臭化銀が分解したのを見た。更に同じ臭化銀膠を入れた細管を人の耳の皮下に置いて同様の試験を施したが、やはりこれも三〇秒以

内で分解した。更にこのほか同じ細管を口に含んで頬の上から光を投じたところが、二分間で分解した。なお次に二五アムペア×一〇ボルトの弧光燈で試験したときも、化学線は身体の深い内部にまで透過することを證明した。彼は例の細管を頂部(頸部の後部)に置いて前頸を照し、また細管を右脇に置いて左脇から照したところが、どれもすべて写真紙は明かに黒くなつた。

以上のいろいろな試験によって、化学線は皮膚や身体の内部にまで透達するものであつて、なおその上透過後も更に適當な物体に対し、作用する働きのあることは明かになつた。但し、光の透過力は光源の強さに關係することはいうまでもない事である。フィンゼンも亦この問題に没頭し、化学線の内でも特に殺菌力あるものが、組織までをも通過竄入することを發見して、白い家兎の耳に黴菌を接種し、集合光線をこれに投じたところ、黴菌の發育が非常に進まなかつたことを知つた。しかしフィンゼンはこの動物試験だけに満足せず、更に人間の耳で試験をした。つまり耳の後側に写真紙を置いて、前方から太陽の光を集合して、青紫色のスペクトルムを投じてみたが、五分間ではまだその紙に変色が起らなかつたので、今度は耳を二枚の硝子板で挿み、両側から圧し付けて血液を駆逐してから同様の実験を行つたところが、五分間後には写真紙がここに全く黒変していた。更に実験の結果、紙の黒変するまでは二〇秒で十分なことを知つた。これでみると、血液が化学線の通過を防害するものであつて、従つて化学線は組織内に血液が少ない程、速かに且つ強く組織を濾過するものであることがわかる。

フィンゼンが教えたように、吾々も亦血液が濾過光線の一部を吸収して、他の一部を通過させるものであることを直接の観察によって知ることが出来る。今、硝子板で具を両側から曝し付けて、これに当てている光を分光器で見ると、スペクトルムはすべての色を含んでいるものの、圧迫されていない耳を通過した光は、赤色と黄色とだけで、他の色を含有していないのである。換言すれば組織内の血液は、この二色の光の他はすべての光線を吸収するものである。赤色光線はたゞ血液に富んだ厚い組織層でさえも、容易に通過し得られるものであつて、単に皮膚とか皮下組織だけではなく、筋肉や軟骨や骨などをも通過出来るのであるが、ただ血液の充ちた血管はその通過を妨げるのである。たまたま隅々診断上の目的で、口腔或いは胃内に小さな電燈を入れた場合に、その頬や腹壁を透して光る赤い光線で、血管が往々黒い線となってはっきりと映るのを見ることがある。

光線の竄入作用を一番よく説明したものはブスックの実験であろう。彼は一枚の写真乾板と臭化銀板とで左の手甲をしつかと結び付け、この乾板の周囲からは絶

対に光の入らないように接合剤で被覆して、しかも石英レンズで平面に圧し血液を排除してから七〇アムペア×五〇ボルトの弧光燈の集合光で照したところ、手の中央(厚さ二・四粨)では、三分間、手頸(厚さ三・七粨)の所では四分間で臭化銀板は感光した。また太陽の集合光線で手の中央部を照射したところが、一分間に写真乾板に作用した。

次いで臭化銀板を手甲に括り付けた上で、十分な注意のもとに掌面から集合光線を五秒間投射した。その際、特に投射光線の中の赤黄色と黄色の光線だけを透過させる為に、重クロム酸加里の溶液瓶をその中間に挿んだが、やはりよく臭化銀板の感光したことを知つた。これこそ光が手を通過して更に銀板にまで作用した結果である。この後に重クロム酸加里の代りに、スペクトルムの赤、黄を吸収し青紫を透過させる二酸化銅のアムモニア溶液を使ってみたところが、曝光一〇分間に及んだが、その感光は陰性であった。

ブスックは赤色と赤黄色の光線の透入作用を次の方法で證明している。それは認識光線の赤色と黄色線に対しても一番正確な試薬は、吾々の網膜である。そして光線が組織内に深入し得られることや、その深入程度を定める為には、前試験に使用した光を手甲一箇所に当てて、圧迫レンズを用いて、またその光の当たる部分に相対して手掌に金属製の円管を付け、傍から光が侵入しないように注意し、その円管から覗いて見て、光に曝された部分が赤く色づいているかどうかを観ればよいのであるが、ブスックはこの装置で上肢の赤黄色の光の透過を研究したが、厚さ二・八粨の手の中央部では黄色光線が通過して眼が眩しくなった。厚さ三・四四粨の拇指を通過する光は、遙かに弱いといつてもまだ明かに通過するのがわかる。厚さ三・六粨の手頸の所とか、拇指球の所ではまだ多くの光を通過させられるが、もう腕の所になると遙かに透過力が減じて、五一粨の厚さの所ではぼうと明るく感じるだけであった。ところが、この際に赤色光線だけを透過させるフクシン溶液を介して試験すれば、その通過率は厚さ三・六粨の層の透明率と同一であった。

すべて動物組織は赤黄色系光線に対しては可透性であつて、殊に赤、黄線は最も透過性に富んでいる。可視光線のうちで波長の短いものほどこの力は少ない。ブスックは七〇アムペアの弧燈の光をレンズを使い並行光線として、その光線には分光器を装置して、その前に血液量に変りのない兎の耳を、初めは一耳、それから順次に二耳、三耳、四耳と合わせていって試験したが、最初一耳の場合にはスペクトルムのすべての色を見ることが出来たが、二耳となるとまず青、紫色光線が消失し、緑、黄、赤色の線だけが通過した。三耳と

なると今度は緑色線を失い、四耳となれば単に赤色光線だけを見るばかりとなった。ブスックの計算によると、兎の耳を透過出来る光線は外部赤外線では五%乃至二〇%，赤黄線では二二%，青色及び紫色線では僅かに一%に過ぎない。そして青色と紫色線が感光物質に作用する能力は、兎の耳の血液の為に約九九%だけを減ずるのでといつている。この実験はまことに注目に値するものである。

吾々の組織でもスペクトルムの赤黄部だけが透過して、強い化学的作用のある青色、紫色線は深くまで作用することが出来ないものである。

ブスックの表によると、紫色光線の透過力を一とすれば紫外線はそれよりも少ない。赤と黄色光線の透過力はその二二倍で、内部赤外線の透過力は最大の二〇八倍であるが、更に外部赤外線となると再び減じて来るものである。終りにレンカイの実験を一つ付け加えて紹介しよう。

レンカイは太陽の集合光線を用いないで透過力を研究した。落下光線では、その光量の百分の一が僅かに皮膚の〇・五粨の深さに達したのを発見した。そしてその深入した光の八五%は黄色光線で、青色光線は僅かに五%である。青色光線でも若し皮下に筋層のない所であれば三粨の深さにまでは達する。

光の実験に於いてたとえ光が写真板に作用することは微少であるといつても、筋層を通過して皮下五粨から六粨ぐらいまでに達するもので、彼はやはり赤色光線が黄色光線よりも、なお多量に且つより深く透入するといつている。

紫外線

身体から切取られたか、または圧迫されて無血となった皮膚は紫外線をよく透過さるものである。ストレーベルは亜鉛とアムモニウムの電極で発した感應火花を、蛍光作用のある溶液に用いて次の実験を行つてこの事実を明かに説明した。

この溶液の前に予め脂肪を抜去った皮膚を挿入して置いて、光を投射したところが溶液が完全に蛍光を発した。

無論蛍光作用を起す紫外線が皮膚を透過したればこそ、この現象を現したのである。またヤンゼンはいろいろな厚い皮膚の下へ、細菌培養基をそれぞれに置いて、紫外線のスペクトルムのどの部分が皮膚を透過して、殺菌作用を現すものかを試験した。それによると厚さ二粨の皮膚では、その光の殺菌力が阻止されるが、厚さ一・五粨の場合だと殺菌力の働きが妨げられることを知った。内部紫外線は強い殺菌力をもつてはいるが、それでも〇・八粨の皮膚を通ればその力を失うも

のである。これは全く薄い皮膚にさえ吸収されてしまうものであるから、内部紫外線が皮膚組織内に透入することは殆ど不可能といつてもよい。またなお更に生きている組織にあっては、既に上皮膚で吸収されてしまうものである。

フロイドンは内外部両紫外線の透過作用の差異を一層詳細に研究した。火傷、水疱、痘疱の表皮と動物の移植下皮を、それぞれ石英板の上に載せて、上皮に傷のあるなしを仔細に検べた上で、更にその上を石英板で被ってから、格子スペクトルムの裂孔の前に置いた。そして光源にはライデン瓶を使用した強い電気火花を用いたのである。（この光は非常に紫外線に富んでいる。）第一回の試験では火花の間に皮膚を挿み、第二回目には皮膚を挿まずに施行した。

すると、内部紫外線よりも強い屈折の外部紫外線は、所謂カドミウム線の外方に黒影を現さなかった。これはつまり皮膜に吸収されたからなのである。これに反し、内部紫外線は表皮を透過してまで、カドミウム線に達したことを證明した。クロンマイエルもこれと同一の実験をして「紫外線は通過し、アンゲストローム線（ $3288\text{ }\mu$ ）を超えて、厚い皮膜に吸収された」ことを報告した。ヘルテルも「比較的に強く屈折する光線は、上皮と真皮とによって吸収されるもので、その吸収作用の行われる所は殊に表層の血管網にあるのだ」といつている。

光の殺菌力は比較的強く屈折する光線の作用である。今までに述べたいいろいろな実験によって明かなように、化学線は皮膚組織の表層に吸収されるものであるから、深部の組織に働く著しい殺菌作用を現すことは期待したい。皮膚でも上層ばかりに制限されているから、その実際的価値はただ角層に限られているものと考えるべきである。生活している表皮或いは結締組織は、光の作用を被らないことになる。何れにしても人体組織内の細菌の原形質には、少しも光の直接的影響はないものである。

クリングミュルレルとハルベルステッテルが結核組織に試した次の研究も、やはり上述のものと同じ成績と意義とであった。この二人は人体皮膚の結核巣を二、三時間紫外線に曝してから、その病巣を切取って粉碎し粥状として、天竺鼠の腹腔に注射した。元来この天竺鼠は結核移植には非常に感じ易いものであるが、移植された或ものは果して結核に罹って死亡した。であるからその注射した粥中にも、なお生活している結核菌の存在を認めることが出来る。次いで天竺鼠の皮膚に生きた結核菌を擦り込んで、紫外線を七〇分間当ててその部分を切り取り、他の天竺鼠に移植したところ、これも亦同じように結核に冒されて斃死した。こうし

てみると組織の上皮にある結核菌さえも、紫外線の作用を被らないことがわかるであろう。ヤンゼンも亦これに類似の方法で、結核組織に及ぼす紫外線の能力は、非常に僅少であることを立證した。それは厚さ〇・二糧の結核組織層を殺菌するには、強い光に一時間も曝さなければならないといっている。

衣服

いろいろな光線が、人体の皮膚を透過するか、しないかの研究の結果から、また延いて光は吾々が日常着用している衣服を透過し得るものかどうかという問題がここに起つて来る。

バウブノフは実験的にこの問題を研究した。彼は一枚の板の上に感光面を上にした写真紙を貼付け、研究しようとする衣服材料をその上に載せた。勿論この準備はすべて暗室内で行ったものである。これを西北向きの室の窓際に置いて日に曝したところが写真紙は黒色に変じた。これによって、化学線は植物性と動物性物質を通過し得られるということが知られる。尤も物体の厚さとか色の種類とかによって、多少はその度を異にするものであって、その中で黒色のものは最も弱く、青色のものは一番よく光線を通過させるものである。

吾々の身体は衣服を纏っていても、光の影響を全く避けることは不可能である。バウレスが印度に駐屯していた或イギリス士官について、悲惨な物語を記載した。これはこの点に関して頗る興味のあるものであるから次に述べよう。

その青年将校は、熱帯の強い太陽に非常に感じ易いしかも全身に亘っての過敏性をもっていた。医師はあらゆる方法を試みたが、光に基づく疾病を防禦するに術なく、遂には熱帯での作業に従事しがたい為に、痛ましくも廃兵として故国に送還されなければならないような事情になった。しかし最後の手段として、試験的に彼をちょうど石英乾板のように取扱って、化学線を透過しない色の物質でその全身を被ってみたところが、幸にもこの方法は遂に成功した。このヒントを得て以来、黄色若しくは赤色の何れかの色によって光の内に入るを防禦し得ることを知つたので、軍服や帽子に橙色の裏地を付けたところが、果して士官の健康は恢復して、再び熱帯地での作業に従事してその職責を全うした。實にこの色を用いると強い太陽光に照らされても、作業の際に、毫も障害を被らなかつたというのである。

熱射病

殺菌的光線、即ち化学線が皮膚組織を透過し得ないということだけでは、まだ光そのものが内部器官殊に脳

脊髄に対して、発病作用のあるかどうかの問題を解決することが出来ない。しかし熱射病という一種の神経障害は、紫外線によってのみ生ずるものだと思うことは大きな間違いである。なぜならば、化学的有力な光線はこれ等の器官へは決して到達し得ないからである。ミュルレルはこれに関して、家兎と天竺鼠とに実験して、その事実を次のように明らかにしている。つまり熱射病は光の作用に与えられるものではなくて、熱作用に由来するものであるときつぱりと論じたのである。

第八章 光に曝された組織の変化

前に述べたように化学線は、皮膚組織内にある細菌には何等の作用もなし得ない。ましてそれよりもなお一層深い所にある器官の細菌には、その光力の働きは全くないものである。それであるから細菌に障害を与える光は、寄生病原虫を宿す深部にまで到達することは、絶対に不可能であるといわなければならない。なぜならば、光が表皮細胞に達するや否や、忽ち皮下血管に吸収されてしまうからである。

光のエネルギーは生活している細胞に接取されると、すぐにその原形質に化学的変化を起さるのである。このように光線の刺戟が生理的範囲を越えて、細胞に化学的変化を誘発して、炎衝を起すことは既に述べた通りである。

フィンゼンは組織が光に曝されて起る反応を、生活体に於いても実験した。^{おたまじやくし} 蝦斗の尾を約一分間光に曝したところが、毛細管は拡張して、従って血行はだんだんと緩慢となって、遂に静止してしまい、白血球は血管壁の範囲外に散出し、また赤血球も少数ではあるが血管壁を穿通した。

このようなことは普通一般の炎衝に見る現象ではあるが、フィンゼンはなお光に基づいた炎衝の特徴として赤血球の関係をあげた。それは赤血球が収縮して球形となることであって、この現象こそは光の炎衝には必ず起るべきものだといっている。或いは時として、照輝してから約二〇分も経過して、初めて赤血球の変化の現れることがある。

そしてこれ等の事実を確める為に二、三の動物を直接光に曝してから、その組織を昇汞の飽和溶液内に入れて固定し、顕微鏡標本を作つてこれを検査したところが、赤血球に今記したよう变化のあることを確めたのである。また蜥蜴の尾でも同一の研究を行つて、赤血球収縮現象の種々な場合を究めたのである^{とかげ}が、その形状も普通とは著しく変り、形態もまた明かでないばかりでなく、ヘモグロビンの量も減少した。光よつて起つたこの赤血球の変形とか収縮は、他の炎衝には決して起らないことを論證し、従つて光の炎衝の特徴ともいい得べきことを確信したのである。太陽の光や電光によつて起る炎衝、即ち太陽皮膚炎或いは電光皮膚炎に際しては、皮膚は多少強い発赤と膨脹とを伴い、その冒された表皮は潤滑して軽い浮腫となる。若しもまた強い光の刺戟を受ければ、滲出性炎衝を発して表面には水疱が出来、組織液を滲出するようになるのである。そしてその発炎の極期が過ぎると、発赤腫脹は消失し始めて、表皮は糠粃状となって剥落して黄褐色となり、時日を経るに従つてだんだんと再び通常の状態に復するものである。

この病症の解剖的変化は、通常の炎衝現象に相当するものであって、つまりその表層の血管は拡張して、内に血液を充満し、漿液は血管壁を通じて、隣接している結締組織層とその上層の表皮に浸潤するのである。そして同処にある淋巴腔を拡張して、表面に向かって圧迫を加えるから、炎衝性滲出物の圧力は、結締組織細胞、就中血管壁の結締組織に障害を及ぼして、更にまた表皮の角化作用をも障害するようになるのである。殊に表皮は光に曝されて、第一に反応する器官である。表皮が光のエネルギーを摂取して化学的变化を起すときには、必ずその組織が損傷を受けることになる。そしてこの表皮の変化に伴って、結締組織には急性炎衝に基づく漿液滲出を来たして、表皮細胞の核や原形質は変性して、遂に死に陥るのであるが、更に進んでは腺とか毛囊とかに変化を及ぼすものである。

刺戟の強弱だとか、また組織の反応の如何によっては、その充血や漿液滲出などの割合も相違して來るのである。殊に充血が著しい。液の滲出とともに多数の自血球や赤血球が血管壁を出て、血管の周囲に糸状に集積して表皮が剥落すれば、そこに大小の水疱を作り、角質層や或いは表皮の深層、或いは結締組織の境にまでも波及することがある。そしてもしもその部分が摩擦でもすれば、水疱の被蓋が破れて漿液は表面に溢れるが、傷口は乾燥して結痂する。

強い光に永く曝されると、(個人の特異素質にもよるが)血管に血栓が出来て複雑な症候を現すことがある。こうした場合には皮膚の表層だけではなく深層の血管もともに冒される。このことを詳細に研究したのはメコルレルである。彼は家兎の耳翼を紫外線に強く曝したところ、その反対側の血管も同様に冒されたことを発見したのである。

刺戟がなくなると、今まであった変性現象は消失して、その代りに再生現象が現れて来る。徐々として血行は旧に復し、組織間に溢出したものはだんだんと消失したり吸収されたりする。皮下組織では初め細胞が深い場所のところどころに、次ぎには表層内に増殖新生して、血管の新生や結締繊維が新生されるのである。そして組織要素の活動は充進して、単に損失したものを補充するばかりでなく、更に新たに、しかも余分に結締組織とか表皮の増殖を促すものである。殊に表皮にあっては、補修作用と細胞の増殖機能の亢進作用とは永くまで続いて、肉眼でも表皮の軽度の肥厚や落屑の増加によってこれを知ることが出来るのである。これと同時に、色素の増加も漸次に現れるようになって来る。

病弱者の皮膚が強く光に曝されると、健康者よりも一層強く変化してその感光度は一層鋭敏である。充血と

漿液滲出は淋巴液の流動を昂めるものであるから、健康者の血漿と新鮮な漿液は絶えず新生せられて、益々病的蓄積物を攻撃し、これを溶解するなり病原を排除するように努める。この際、結締組織の纖維性要素は毫も害されないで、健康な瘢痕組織はその病地に発生するものである。

以上述べたように、光は病的細胞を撲滅し、これに代るべき組織内の治療要素を補助し、以て生理的に復帰させるもので、炎衝に伴った変性や補修機能は、疾病的根柢を排除して健康状態を齎すものである。

第九章 光と皮膚病

吾々は以上の叙述よりして、日焦けは光の化学線に基づく病理的反応であることを知った。すべての生理的刺戟のように、光の刺戟も一定の「度」を超えると病的作用を起すものである。日焦けや雪焦けや、紫外線療法などによって偶々起す皮膚炎は、光の強さが常規を逸して大きい為に生じた皮膚疾患である。強い光は過度の熱と同様に、これが働いた場所を傷害するものである。

しかしここにまた光の強さとその力が通常であるにも拘らず、或人によっては、寧ろ弱い光の刺戟にでも皮膚に疾病を起すことがある。このような人は他人には少しも光の刺戟を感じさせないのに、日焦げ様症状を起さるものである。

光炎

こうした人は病的に充進し感光性をもつていて、化学的光線によって容易に発病し得ることに、初めて注目したのはファイエルである。そして次のような面白い話を書いている。或婦人が二四歳の春四月、天氣清朗の日に日光をあびながら散歩したところが、顔面に突然発疹した。しかし当時はその発病の原因については、少しも究明する手がかりがなかった。そしてこの発疹はちょうど尋麻疹のような症状で、眼瞼はひどく腫脹したが、四日間室内で安静していると、その発疹も漸次消失してしまった。しかし数週間後、また日中に戸外散策を試みたところ、前同様に再発した。しかもその日の晴曇に関係なく発生した。同年の六月頃になると、皮膚の異常感応は一応減退して、外出しても発疹しないようになった。ところが翌年の春になると、去年と同様の刺戟状態に陥ってそれが晩夏までも継続し、秋冬の交になって初めて漸く旧態に復することが出来た。

それからはこの発疹は毎春起つて、しかもその発疹期間も年とともに永びて、無刺戟時間はだんだんと少くなり、ただ治療に時日を費やすだけであった。但し日足の短い冬の二箇月間は常にその病勢は緩み、皮膚の刺戟感光性も減じたが、やはり毎年一月の終りになると、再び病状が劇しくなるのを常としたのである。室内にいて窓を閉めて置けば無害であるが、それにしてもなお窓に向いた顔面は軽く刺戟せられて、僅かながらでも炎衝が生じた。しかし患者が窓から遠く離れていさえすれば、こうした刺戟状態は起らなかつたのである。

そして不思議なごとには日没頃から夜にかけて野外に出て、風雨に曝されても決して顔面には害を被らなかつたし、また熱い竈の前や煙突、或いは暖炉からの放熱

を受けても少しの徵候もなかつた。なお蠟燭とかランプの強い光とかに照されても影響が見られなかつた

ファイエルは光の化学線に発病作用のあることを認めているので、この患者には戸外散歩の際に必ず化学線を吸収する赤色のヴェールを用いさせたところが、果して顯著な効力を奏して、先には二分間も室外に出れば必ず発疹したのが、今では少しの害も受けずに明るい場所へ出ることが出来たと物語っている。

種々な関係から一陽來復して、太陽の光が化学線を豊富に含有する季節になると、顔や手などが光に曝されて炎衝を起し易い強い異常感光性のある人は、決して少なくない。

化学線は大抵顔面湿疹の原因となることがある。顔面湿疹は暗い室内或いは日光の弱い期間には消失していて、春になると再発するのである。そしてその多くは年とともに過敏性を増加するもので、初めは単に太陽の光に直接曝されたことによって発するが、後には間接日光を受けてさえも発病するようになるものである。こうした人々の異常感光性については、まだ明かに説明することが出来ない。色素の欠乏の為ばかりでもない。しかしこの光炎にはここに述べた色素異常の場合のように、強い色素沈着の伴わないので特徴とするものである。

特異質

光炎の病理に関しては詳細な研究はないが、恐らく光に対する特異性質に、密接の関係のあることは容易に考えられる。すべての他の特異質の反応と同じように、病的に亢進した感光性も突然に現れて、長時間継続し、時としてはいつまでも持続するが、また時としては忽然として消失することがある。

身体の保護

このように特異質は危険を伴うものであるから、努めて光の化学作用を皮膚から遠ざける処置を施さなくてはならない。バウレスの報告したかのイギリス士官のように、感光過敏性が全身に拡がつた場合には、この士官の例に倣つて強く屈折する光線を吸収させて、皮膚に侵入するのを防ぐ為に、赤色或いは黄赤色の裏地を衣服につけるのが最上の防禦策であろう。

光の刺戟による疾病は、衣服に被われていない皮膚に局限することもあるから、また手や腕には常に赤色か赤黄色か或いは褐色の手袋をはめ、乃至は同色のヴェール、日傘、鍔広の帽子を被つて顔を保護しなければならない。普通の軟膏や脂肪の応用などは殆ど効力はないものと見ればならない。しかしウンナの報告にあるように、防護色素をこれ等の膏薬に混すればその効力

が顕著であろう。ハンメルは皮膚の患部に規那水溶液、または一層よりよきものとして規那膏薬を塗布することを奨励した。硫酸キニーネ塩類は蛍光を放って、有害な短波長の光線を無害な長波長の光線に変える性質がある。それでこれを皮下に注入することも、亦一防護法であろう。また一方患者を春の初候から、化学線に富む光線によって漸次に慣らさせようとする手段は、多くの場合には何等の効果がないものである。

夏日水疱

太陽の化学線に対する反応の一つに、夏日水疱即ち膿疱性水疱がある。これは幼少の者が多く冒される疾患である。このような異常に充進した感光性は、皮膚の先天的遺伝的異常に帰すべきものである。通常は顔面就中、鼻、耳、頬その他手や前腕のように、常に太陽の光に曝される部位に局限して水疱が出来て、それが深部にまで拡がって壊疽を伴うのが特徴である。最初、蕁麻疹様の大小の結節が出来、その周囲には炎性浸潤が伴って、遂にそれが漿液を充たした水疱に変化して来るが、間もなくそれも乾燥し、結痂して瘢痕を結び、そして治癒するのである。その瘢痕が非常に痘痕に類似することも、亦この疾患の特徴である。一度この疾患に襲われると、相踵いで新水疱が次ぎ次ぎと生じ、初春から晩夏にかけて持続し、更に初春に至って再発し、偶々有害光線を避くことによって平癒する。また月日とともに対光抵抗力が漸次に生じ、遂にはよく順馳するようになることがある。

メールレルとエールマンの実験によって、化学線特に紫外線がこの疾患の原因となることを確めることができた。この発疹が時には衣服に被われている部分にさえも生ずることがある。これは恐らく波長の短い光線が、服地を通して皮膚を冒したものであろう。この発病つまり光の刺戟に対する組織の反応が、どうであるかということについては、まだ明かな研究はなされていない。そしてこうした患者は往々にして血尿を漏すことがある。その療法としては、化学線を通常の防護法によって出来るだけ遠ざけるより、他には今のところ方途がない。

色素性乾皮症

色素性乾皮症と名づける病患は、勿論光の作用を被つた皮膚の疾患で、前述の疾病よりも遙かに症状の劇しいものであるが、幸にもこの疾病は稀に見るだけである。この病は極く幼年時に発するものであって、天気のよい春先きから夏にかけて野外に連れられたとき、皮膚に光を受けるや否や、すぐと発赤、腫脹するものである。そして表皮が軽く剥落した後には、少しく色素が沈着して、初発の光反応を溜失してしまう。しか

しこうして幼児が光に当たる都度、炎衝はだんだんと激しくなって、途にその症状は全く減退することがなく、皮膚はところどころ肥厚し、粗慥となって、その一部の皮膚は落屑する。そして多少広闊な色素斑を残したり、しばしば夏日斑様を呈して炎衝に陥ることがある。こうした新旧の病竈は順次相踵いで生じ、古い色素斑は益々拡大して来ると同時に、皮膚の表面には多くの透明な青、赤色を帯びた血管條が現れ、皮膚は肥厚して所々に白く輝くのである。これはつまり色素を失った為であって、皮膚の栄養は次第に衰弱し憔悴して、遂には一部に上皮の増殖を来たし、徐々に癌のような悪性腫瘍を発生するようになるものである。そしてその患者は壮年期になって悪性質で死んでしまう。この疾患は皮膚が化学光線の作用に対して、固有の反応を示すところの先天的素質及び家族的関係に基づくものである。

ウンナは光の発病に及ぼす関係を次のように説明している。色素の沈着や毛細管、静脈などの拡張とかによる身体表面での過度の充血や、皮膚の角質変性硬化などは、どれもみな光の有害作用を除去しようとする皮膚組織の努力の結果である。そしてこのうち色素沈着は、一番簡単で且つ全く無害にこの目的を達するものである。色素の褐色は直接光を吸収して、一これを熱に変化させるものであって、色素は角質にまで波及して、最も確実に且つ根本的にその作用を全からしめる能力をもっている。

皮膚の表面を充たしている血液は、ちょうど写真暗室の赤硝子と同じように、青色の光線作用の全部を消失させる効力があるから、やはり防護装置の一つだともいえる。しかし表皮が光に曝されている間は、血液の充血過剰はその効力を少なくする上に永く栄養の変化を伴う恐れがある。結締組織と表皮の肥厚は、光の作用には直接の効果はないが、恐らくは防護体と見てもよいのである。これ等は初めてこそ有効であるが、色素の出来るに比例して減じるものである。皮膚の角質変性とか、乳嘴体の硬化とか萎縮とかは他の目的に適するものであって、これ等は皮膚組織を無感覚とするし乾燥もさせ、また強く硬酷様或いは胼胝 [校注：現在はべんちと読む] 様に変化させて、光の影響を減少さするものであるが、光を遮ることは出来ない。

以上述べたこれ等すべての防護力は、徐々に組織から発生するものであるが、みな一様に発生するものではないから、種々複雑の状態を現じ、一見して殆どその作用の微妙なることを想像することが出来ない。

醜い容貌

夏日斑は光がその原因となることは、既に説明によって明かである。先天的発育異常も一原因であって、弱

い光ですらこの色素の集成を促発させるものである。顔面の夏日斑は、春季、夏季の強い光力に影響せられることは一般によく知られている。しかし衣服で被われているにも拘らず、ここに夏日斑の発生するのを見ては、吾々の衣服も決して光線を遮るものではないことがわかり、また化学的に作用する光線は、全く衣服ぐらいで遠ざけ得られないことも忘れてはならない。光の反応力の亢進した人にはあっては、少しの光でさえも著しい作用が現れるものである。

顔面や手などの皮膚に生じて、著しく容貌を醜くするのに疣がある。よく幼年者を襲うものである。この病原もやはり光に基くことは疑のことである。これは表層の表皮細胞や、その内にある色素の感光力が亢進することに原因するものである。先に述べた皮膚病の他に、なお光が病原となる皮膚病はいろいろとあるが、光に対する先天的、後天的過敏性の本性は今以て不明である。しかしその病的変化の成立は、血液の中に循環する或要素に帰すべきものである。かの動物を見る蕎麦病のようなものも亦人体に見るように光源に基く疾病で、化学線と飼料である蕎麦の中に含まれている蛍光性毒物との合併作用によつて起ることは既に述べた通りである。

ペラグラ

ペラグラはヨーロッパ地方に見る疾患であつて、賤民を襲う悪性の風土病で、消化管と神経系を障害するものである。この病気は太陽の光に曝されると、先ず皮膚が発赤することがその特徴であつて、玉蜀黍を食うことによって発病するといわれているのは疑のないところである。腐敗した玉蜀黍^{とうもろこし}の毒素が、血行に入ることだけは認められるが、その中毒作様の本態はまだ詳かではない。

新しい玉蜀黍からは、蕎麦と同じように蛍光を発するエキスと溶液とが析出されることが、この病気発生上軽視することの出来ないものである。毒素が人体に漸次増加すると、全身に病を発し、春の極く弱い太陽の光に当たつてさえ、すぐと手、腕、顔、頸、足などの皮膚に発病し、光の強さが増すにつれて、皮膚の表面は先ず発赤し、水疱が出来、そして落屑し始めて来る。すると発赤は漸次消失するが黑色素を残し、その縁辺には永くまで発赤が残り、皮膚は萎縮乾燥して皺襞となつて非常に醜くなる。発病の初期の頃では往々に冬期になって一時的ではあるが少し快癒するが、毎年これに罹つて、途には神経症状や精神の異常を起すことがある。そして最後には衰弱の為に命を終ることになる。この他、強度のアルコール中毒とかその他の悪液性のものが、やはり光に基いた特異的な皮膚病を発することもある。

痘瘡

天然痘は伝染病ではあるが、この天然痘の場合に生ずる痘瘡は、光と毒素との両作用に原因することは、今日ではもはや異議のないところである。フィンゼンは化学線がこの疾病に重大な関係のあることを明かにした。彼は顔や手などのように平素光に曝されている身体の部分には、痘痕が一番多く発生し且つ深刻な事実に基いて、化学線が炎衝を一層重くするものに相違ないことを信じ、発炎的光線を遠ざけさえすれば、痘瘡の治癒には好結果を齎すものであろうと想像して、次の実験を試みたのである。

先ず痘瘡患者を全く暗い室に置くことによって、一番簡単に治療することができるが、どんな人間でも暗室に絶対的にいることは好まない。痘瘡患者は殊更に暗室を厭うため、フィンゼンは病室の窓に分光器で検査した赤色硝子を嵌めた上に、なお赤色の窓掛を懸けて化学線を十分に避け、患者をして赤色光のみに浴させたのである。

赤色光線療法

天然痘瘡患者が、若しもその化膿以前に赤色光線に曝されていさえすれば、化膿だけは起らないで治癒することが出来る。思うに化膿すると否とは、病症の経過に大きな関係があるものである。赤色光を受けると、透明であつた痘瘡は乾燥し、結痂消失して瘢痕を残さずして治癒するもので、赤色光線に曝されることが早ければ早いほど経過は良好であつて、既に化膿に陥つた者でも、化学線から遠ざけられるときは、殆ど立ちどころに好結果を奏することができる。つまり熱は下り、膿疱の周囲の刺戟はなくなり、顔面の水疱性腫脹も亦減じて恢復するものである。

若し初期に赤色光線で首尾よく化膿を防ぎ得たときは、その経過は非常に良好であつて、化膿すべき病状は一切消失してしまって、体温も下降する。であるから赤色光線が全身状態に好影響を及ぼすことは明かであつて、痘痕を全くか或いは少くとも殆ど残さないようになる。従つてその経過も非常に短縮されて、死亡率も著しく減少する。しかしここに注意せねばならぬことは、この光の刺戟作用から遠ざける(フィンゼンの所謂陰性光線療法)療法は、決して痘瘡そのものを根本的に撲滅するものではなくして、単に化膿とこれに伴う結果と苦痛を防ぐにあることである。

痘瘡に対するこの赤色光線療法にはフィンゼンの沢山の実験の他に、またスウェンドソンやファイエルベルヒの比較実験などがあるが、それは光が小疱を膿疱に陥らしたことを證明したまた一面興味ある報告である。

スウェンドソンは二名の痘瘡患者を日光に曝したところが、顔面の小疱は全く乾燥したが、手の甲にはまだ小疱が存在して、しかもそれは乾燥するどころではなく、却って光の為に化膿し瘢痕を生じたといっている。

ファイエルベルヒは一名の該患者を日光に曝してみたが、耳に残っていたまだ乾涸しない二、三の小疱は化膿に陥つた。また種痘をしない幼兒の融合性痘疱は化膿して、顔面に数多くの瘢痕を残したが、赤色光線に曝した手の小疱は幸にも化膿に陥ることもなく乾燥し、瘢痕をも残さなかつたといっている。

痘瘡の赤色光線療法に関するフィンゼンの思想も既に中世や古代に行われていた。アショフも「既にチャリウスやウレリアヌスなどが、光の刺戟とその有害作用についてよく知っていた」といっている。またペテルゼンは、「現代の赤色療法は温故知新の療法であつて、これは遠く中古、太古からの民族的療法であつたが、数百年間医界から忘れられていたものが、再び時代の科学的知識と社会の進歩に伴い一新したものである」といっている。しかしたとえそれが中世、古代に行われたからといって、フィンゼンの天然痘に対する所謂陰性光線療法の功績を傷けるようにはならない。

フィンゼンのこの赤色光線療法に関する一つの動機ともなって、いろいろな時代や方々の国々に行われた暗色並びに赤色療法の記載が、非常に多く紹介せられるようになった。

リルレの記録には、一〇五九年に発見された公文書を引用しているが、それには当時九歳であったカール五世は痘瘡を患つて、やはりこの赤色光線療法を受けていた。そして王は赤い寝衣を着け、敷布も真紅なものを使はれたと記載している。またわが国でも痘児には赤い衣服を着せた慣習があった。

痘瘡に対する赤色光線療法の結果から推測して、発疹性患者例えば猩紅熱とか、麻疹とかいうようなものにも、亦同じように或光線を封鎖すれば好結果が得られると思うことは、誰しもちよつと考へるところであるが、この問題に関してはまだ確定的な判断が下されていない。その多くの観察は、麻疹と顔面丹毒の一、二の場合だけに限つて、この赤色光線療法が好結果を奏するであろうと推量されるまでである。痘瘡に対する赤色光線療法のように、なお一層この方面に研究を積めば、或いは実用的に広く行われるようになるかも知れない。

一般に赤色光線療法に際しては、十分に化学線が除去されて、その処置が完全に行われているかどうかを細心に注意すべき必要がある。若しも日光が少しでも作用すれば、その結果を不良に陥らすものである。

フィンゼンの光線療法

以上述べて来た陰性光線療法（赤色光線療法）は、つまり発炎に対して化学線を遠ざけることであつたが、これは化学線を遠ざけるよりも寧ろその反対に、化学線を治療の目的に応用する方が多い。そして主にフィンゼンとその門下生などが研究したものであつて、光の生物学的性質に基いた化学線応用の端緒を拓いたものである。この陽性光線療法とは、即ちこの目的の為に豊富な化学線を蓄積した装置によって、皮膚病の治療に用いることである。

光線生物学が不斷に研究されるに従つて、フィンゼンの説にはまた多少の誤謬のあることも認められては來たが、しかしこの治療法の範囲に限る学術的、実地的の価値については、少しも疑を容れる余地はないのである。

主として皮膚の細菌的疾患は、フィンゼンのこの光線療法によって全治することが出来るのである。例えば皮膚結核患者などに対しては、この療法こそはまことに福音を齎したものである。

皮膚の結核疾患には、強い化学線による治療より外に根本的に、しかも少しの副作用もない有効な方法がない。患者は光の為に、決して疼痛や不快感を覚えないばかりか、破壊した狼瘡は緩解せられて、腫瘍や潰瘍などは結痂して、健康な瘢痕結成を促すようになるものである。

光は皮膚組織内の細菌を、直接に死滅させ得られないことは、今日では汎く知られているところである。であるから、その治療の転期は恐らくは光に曝された結果、新たに炎衝が発して組織内での細菌の生存條件を不良にさせて、間接的にこれを害し、その発病機能を阻止したときである。つまり光に曝された細胞の化学的変性と、循環の変化によって細菌を殲滅し、駆逐して治癒の転機を探るようになるものである。

病的組織の循環状態に対する影響は暫く措き、光の直接影響は既に述べたように、病的細胞にも作用して、その細胞は細菌のように光の為に破壊せられ、駆逐されるのである。いい換えれば、光の作用はちょうど腐蝕剤のそれのようなものである。しかし他の試験薬よりも寧ろ卓越している。光は直ちに病的細胞に働く、なお同時に健康な組織を庇護するからである。それで皮膚結核とか、皮膚癌のような破壊作用のあるものには、光線療法を使って素晴らしい好果を、それも美容的好果を齎すのである。

皮膚疾患に対する光線療法の技術や、その医学知識について詳細に論することはここに省略する。

第一〇章 光が血液と新陳代謝に及ぼす影響

皮膚が光によって変化し、また光の侵入に対して大きな抵抗をもっていることは、以上述べて来たところで大体明かであろう。血液は表皮に竄入して来た光を、^{ざんにゅう} 吸収してはその被害を防ぎ、まだ一方内部の器官の被る悪影響を防護するものである。その上、色素と表皮を冒してなおも内部に侵入しようとする光を悉く吸収する。皮下には細密に無数に分枝している血管網が拡がっていて、頗る大量の血液が満たされている。

この血管網はちょうどその下に存在する臓器の保護網かのような観がしている。そして血色素は著しく稀釈されてもなお十分に化学線を吸収する性質がある。であるから、血液の層が濃密であればあるほど、光線を吸収する能力は増加するわけである。

また或程度の血液の層では、血色素が赤色光線を除いた他の全光線を吸収するものである。

しかし一面、光は血液量を増させるし、まだ皮膚の血液分配の増加をも促がす要素である。光は血管に作用すると、末梢血管が拡張して血液との関係を重大にさせるものである。実に身体の中で血液ほど、光を吸収することの多いものは他にはない。

光の調節

光が皮膚に作用すると同時に、すぐ色素の増加や角層色素や表皮溷濁などの現象が、実に不思議にも自動的に現れて、多大に過剰な光を皮下に侵入せしめないようにする。また末梢血管が光の為に拡張し、従って表面に血液の充実を促して、皮下の諸器官を光によって受ける障害から防護させる作用をするものである。皮膚の一部または全部に血液が過度に充実すれば、これこそ光に対する代償的防禦の一番有力なものであつて、こうした対光防護装置は光への調節器といわざるを得ないのである。

こうした自然の微妙な働きに反し、若しも血液が光を吸収する力のない場合は——少なくとも皮膚が光に対して感受性を帶びている以上は、化学線は容易に皮膚に病的変化を起させ、延いては身体の全組織をも害して、重症に陥らしめることは殆ど明白な事柄である。緑色や黄色光線もやはり亦血液に吸収されるが、この光は動物組織に対して起病的に作用し得るか否やはまだ不明である。血液は過剰な光を吸収しては、組織に少しの影響をも与えないようにするものと思われる。が、しかしここにエネルギー不滅の法則があって、これに従えば吾々の身体に摂取された有力なエネルギーは、血液の中に於いても何ものにか変形して、また利用されなければならない筈のものであるが、吾々はまだこのエネルギー変換の結果については全く知る由もない。

血液が光を吸収して結果する化学的変化については、一つも実見したことはない。けれども人体の発育とか生命とかにとっては、これ等光と血管に吸収された光線エネルギーとは必要欠くことの出来ないもので、なお空気中の酸素のようなものであろうか。しかし吾々とこの光との関係の真相については、十分な見解をまだ下し得るのは真に残念である。

皮層の血管が光によって拡張して皮膚充血を促進し、従って皮膚の栄養を適当にさせ、またその官能を敏活にさせることも明かである。皮膚の栄養が良好で血管が豊富であることこそ、つまり健康の消長であって、そして血液に富む皮膚のみがその官能を全うすることが出来るのである。なおその上に、皮膚は内部臓器の被る外襲を防いで、身体の保護被覆物となっているものである。

また皮膚には神経が分布していたり、分泌に必要な腺器を具備したりしていて、内部臓器と密接な関係をもっている。それで全身の疾病とか、内部臓器の解剖的、機能的障害などは、皮膚の外見とその状態に大きく影響を及ぼすことは、人のよく知っているところである。皮膚はまた反面これ等の諸系の疾病に、非常な影響を与えるものもある。

外力の影響(この中には光の刺戟をも含む)の下で、皮膚の栄養が良好なるほど、皮膚は炎衝防護、温度調節、分泌機能、排泄作用を十分に営むことが出来て、生体の一般状態をいよいよ佳良にさせるものである。

皮膚の皮下充血と栄養は、生体に及ぼす主要物であることが疑のないとところである。暗黒が血液の化学的組成に、悪影響を容易に与えるものと考えられるが、事実薄暗い作業場や部屋に住む者は、顔色も蒼白く貧血性であって、血液の化学的变化は殆ど認められない。これは主に暗黒の為に、身体末梢に血量が減じた結果である。つまり光の欠乏は、皮膚の血管拡張とその充血を不能に陥らしめるものである。

光の刺戟が永く欠乏すると、皮膚の色はだんだんと蒼白く変じ、血管も益々縮少する。先天的血管異常者に見る弾力のない蒼白な皮膚、血の氣のない容貌、それは容易にその所以を考えさせるものである。吾々は光を受けないが為に、貧血に見える人の血液を計って、しかも意外にその血色素量の大きいことに驚くことがある。

北極探検などで数箇月間も極夜に過した蒼白な人や、或いは黄緑色を呈している人などの血液の検査によつても、血液に化学的成分の変じていたことは認められないものである。

ギルレンクロツツは一八八二年とその翌年に亘って、

スピッベルゲン遠征隊に同行して検査したところが、血色素量の減少を證明することが出来なかつたということである。

またナンゼン遠征隊が試験した報告によつてみても、数箇月間北極の闇夜に生活していたが、糧食の供給が豊饒で築養が良好であった為か、血液の組織には少しの悪影響も被らなかつたということである。

シェーネルベルゲンが頗る面白い実験報告をしている。「或馬が一〇歳から二四歳まで、日光の全く入らない鉱山の坑内で絶えず使役され、しかも一度も日光に浴させなかつたが、日光の欠乏による貧血とか、その他の病気などに罹らなかつた」という報告はそれである。

血液と日光との関係について、学者の多数の実験的研究の結果を総合すると、暗黒の中とか或いは光を全然見なければ、赤血球の数は増加して、その実験の末期には漿液の濃度は非常に高まつたということであるが、これは恐らく血液の水分が減じたことに帰着するのであろう(グラウイツ)。

エルームは白子の家兎と有色の家兎とを一緒に、暗黒の箱と赤色光の箱の中に飼つたところが、血色素量や血量の減少したことを見た。しかし撒光とか青色光線を受けたときには、血量は著しく増し、色素量も絶対的に増加したことを認めた。そして日光浴を四時間取らしたもののは、その血量は約二〇%も増加したという報告をしている。

以上の実験的研究によつても、血液の光線吸収の意味を満足に説明することができない。吾々は前にも述べたように、身体の表面で血液に吸収された光のエネルギーが、どう変換されてどんな状態で体内に利用されるのかについては、残念ながら、正確な知識をもつていないのである。光は細胞の酸化作用を昂め、従つて新陳代謝を促進するというクインケの説は、今もなお学者の注意を引いているのである。彼は膿瘍を切開するに際して、逆り出た鮮紅色の動脈血が新しい膿汁に接触すると、ちょうど静脈血のような暗赤色に変ずるのを発見して、膿汁は或條件によって酸素を喰食するものであつて、光こそは即ちこの條件の大重鎮であることを確めたといふのである。

光の酸化促進作用

クインケは膿汁と血液とを混ぜ、その一半を光に曝し、他の半分を暗い場所に放置したところ、膿汁は暗い所にあっても、なお血液から酸素を吸収したが、しかしその還元作用は大変に緩慢であつた。ところがこれに反して、撒光を受けると忽ちその還元作用は活発に現れて、その活動も非常に速かであつた。殊に直接太陽

光線に遇えば、一層その働きが速かであつた。また次硝酸蒼鉛と水との乳剤を膿汁に混ぜたが、蒼鉛と固く結合した酸素は暗所では影響を被らなかつたにも拘らず、明るい場所では迅速に還元された。そして膿汁細胞ばかりでなく、すべての細胞は光によって、暗所よりも多くの酸素を摂取したといつてゐる。

それであるから、光は動物性細胞の酸化作用を促進させるもので、光の影響は生体の内部組織にも及ぶものであるとクインケは述べている。そしてこの作用は強く屈折する光線に基くものであつて、屈折の少ない光線にはこの作用はない付言している。

ベーリングが健康動物に施した研究は、クインケの仮説を決定したのである。彼は天竺鼠の毛をところどころよく剃つて、二立方厘乃至は三立方厘のメチレン青溶液を注射して、その注射局所の一部を紫外線に曝したところが、メチレン青は速かに、そして著しくメチレン白に還元させられた。白色家兎の耳にこの試験を行うと、この現象は一層明瞭に見ることが出来る。つまり光に曝された局所の還元は非常に迅速に行われ、曝されない耳の青色はいつまでも永く存在するのである。

この外、ベーリングは家兎の耳に漲つてある血管を分光器で検して、組織内の光の還元力を一層深く確證した。透過光線ではスペクトルムに判然と二條のオキシヘモグロビン線を見、次いで耳の根部を紫外線に曝し、その尖端を分光器で検査したところが、二條の吸収線は徐々に消失した。但し二條の還元ヘモグロビン線の一つが、明かに見えるのは、これが決して還元しない證拠である。顧うに、おも絶えず新鮮な血液が先に曝された場所に流れ來たって、光に曝された血液と混じただけでは、十分な還元は當まらないのである。

新陳代謝

若し組織が光の影響を受けて、血液から酸素を摂取するというクインケの説が真であるとすれば、ヘルテルの実験は正しくその反対論拠となるのであるが、今それ等には暫く遠ざかって置いて、光と物質新陳代謝との関係にだけについて考えてみると、以前の研究はたゞ技術上の誤謬は少くなかったとしても、科学的に非常に有益な業績であつた。つまり明るい所にいる蛙は暗い場所にいるものよりは、十二分の一乃至は四分の一だけ沢山炭酸瓦斯を排泄したことを報告した。モレショーやフビンやロンヒンなどは、多くの実験動物について行った成績から結論して、明るい所にあつては、炭酸瓦斯排泄の全量は著しく増加し、暗い場所での一〇〇に対して一二〇乃至一四〇の比を示し、たゞ盲目的動物であつても、一〇〇に対し一一一から一二七であるといつてゐる。蛙の中枢器官を破壊して

も、光は依然作用したのである。蛙、兎及び犬の皮を剥いで血液循環を中止させても、なお筋肉の炭酸瓦斯排泄は、光の為に一〇〇に対する一二九を示し、そして眼の見える蛙は盲目のものよりも、体重がより速かに減じたということである。

クインケはフリューゲルとプラーテンとによって気管切開術を施した兎について、なおも新陳代謝の亢進しているのを発見し、更に盲目家兎の炭酸瓦斯排泄を一〇〇とすれば、健康家兎では一一四、酸素摂取一一六であるということを報告した。グラッフェンベルゲルは家兎の窒素代謝と消化系数とは、光とか暗黒とかの為に影響を被らないが、暗い場所に余り永く置かれるとときには、炭素代謝は減じて多量の脂肪が生成沈着して、体重の増加することを報告した。

このような新陳代謝の研究から二、三の学者は、有色光線の影響に着目して、一般に紫色光線は他の光線よりも強い作用のあることを発見した。炭酸瓦斯の排泄作用は身体の運動によって、頗る著しい影響を受けることは看過すべきではない。あらゆる運動は炭酸瓦斯の運動を高めるものであって、新陳代謝の光から受ける影響は、第一に筋肉の運動に帰さなくてはならない。しかし一方、光や暗黒などによって能動的運動だけが、その影響を被るものではない。そして運動の状態も、亦いろいろな光の状態によって一様ではない。日中少しも運動しないときでさえも、筋肉は全く弛緩しないで、無意識に或程度の緊張を保有しているものであるが、夜間睡眠中は筋肉の緊張は止むのである。生理上、光に曝されると、炭酸瓦斯の排泄に間接的影響を与えることは明かである。ペッテンコーフェルとフォイトは、人間が夜間睡眠中はたとえ絶対的安静にしていた日中よりも、炭酸瓦斯の排泄量が少ないことを発見したのである。

血液の発光作用

「光と血液との間には特殊な関係がある」とはシュレーフェルが初めて提唱したところである。家兎と人間の血液は発光し、写真乾板にも作用するような性質を具備しているのである。この発光性は光に曝されることによって非常に昂まって来るものである。シュレーフェルはこの性質は赤血球の類脂肪体の豊富なことに、基因しているといっている。類脂肪体はコレステリン、レチチンのように光の影響で、発光作用を営むものであって、血液の発光作用はこの類脂肪体の酸化作用の結果に外ならない。従って酸化作用が昂まれば、発光作用も亦肖ら昂まるものである。であるから、光はまた一面、類脂肪体の酸化作用を昂める要素でもある。

シュレーフェルは説いて、「光の影響とその発光作用は、ただ酸化作用を現すか否かにある」といっている。

第一章 光と神経

フィンゼンは皮膚や血液や細胞などの成形質、及び下等動物の収縮に及ぼす光の直接作用と、化学線の刺戟作用とについて詳細に力説した。そして更に光が神経にも影響して、生長とか運動とかの刺戟ともなって、いろいろな活力現象を起すことなどをも研究した。

マルメとモレショーも亦これに似た光の作用についての研究報告をしている。この二人は、明るい所にいる蛙は暗い所に長くいたものよりも、神経や筋肉などの興奮性が強大なことを発見している。

人の神経系にも亦光の刺戟のあることは疑のないことである。眼は光の現象を媒介して、特殊な心理的反応を起させるものであって、陽光の輝く日は吾々の肉体と精神とに興奮性を昂めさせるが、陰鬱な天気は人をして沈滞気分に陥らることは、一般に知られている日常の事実である。

光の心理的影響に関する問題には、なお化学的研究に俟つものが多いが、生物学的実験のように、光源即ちスペクトルの各色が及ぼす箇々の心理的反応を観察したり、研究したりすることが一番策を得たものである。

有色光線を使った実験

アボペンコなどは心理作用と有色光線との作用を研究したのであるが、彼は実験室を照らすのに有色光線を使用したところが、聴覚刺戟に及ぼす反応は非常に速かで、また最大に達し、その色を替えるに従ってその作用も異なることを発見した。なお光が熱線に接近するに従い、だんだん活発に且つ迅速に作用したといっている。人は赤色光線の室に居住するときは、精神が快活となって元気に富み、静坐していることが出来ないものである。肉体的にもこの影響を及ぼして、頭痛を感じる者もあるが、馴れるに従って消失する。

赤色光線に反して黄色光線の心理的反応や、体質に及ぼす影響は、ちょうど平素日光を受けているときと同じようである。緑色となると、そこには多少化学線の作用を現して来て、沈静に傾かす嫌がある。緑色は初めは眼に快感を与えるものであるが、永く緑色に照らされていれば漸次に不快となる。即ち精神発作は弛緩し、運動は抑制せられ、精神作用は余りにも静穏になり、興奮性もまた消失して來るのである。

化学線がだんだんと紫線に近づくに従って、精神に陰鬱性を誘引する作用の度も、次第に強く働いて来るものである。つまり身の周囲に輝く紫色は、精神上にも感覚にもその影響するところは頗る大きくて、気分は鬱いで来るものである。まだ頭痛が持続して、精神は圧迫せられるようになり、身体の苦痛は堪えがたく感じる所以である。

ドリウスは有色照明によって、脈拍の張力が減じて、順次に緩徐となり、従って拍動も小さくなるものである。そしてその他の色もスペクトルムでの位置に相当して作用するものであるが、黄色だけはその作用がないということを観察した。

ドーゲルの研究も亦興味の多い成績である。彼はいろいろな色と視神経との関係を調べた。有色光線の視色素に対する影響は暫く措いて、眼底の血液が各色によって、その大きさを異にすることを発見した。蛙の実験では、赤色と青色光線との作用は緑色光線よりも血液の弛緩、緊張の度が著しく、また犬や人間ではその眼を緑色光で刺戟すると、血液循環の変化を来たしたといっている。なお犬と人の視官に種々の色を作用させたところが、大脳の機能や血液循環に作用して、治療効果に影響することがあると論じた。

青い光

二、三の或学者は、神経病と精神病の治療に対して有色光線を応用した。

一八七六年イタリアの心理学者ポンツアは、所謂色彩療法を応用した。それは憂鬱患者を赤色光に富んでいる場所に住まわせてみたが、間もなく快活となって自ら食物を摂取出来るようになつたが、これに反して躁狂患者に青い色を用いて鎮静させることをも経験した。

ヤクシュも亦病室のランプを青色とかコバルト色で被りてみたところが、この室の患者は鎮静してよく安眠したことを観察して、やはりこの青色光に鎮静作用のあることを證明しているのである。

赤い光

赤い色が興奮作用を現すことは、いろいろな実験の結果で明かにされている。ビーは嘗てリヨン市のルミエール写真工場での観察について、實に面白い事実を次のように記している。「すべての窓に赤色の硝子を嵌めた室内にいる勤労者の神経は、常に興奮して少しの刺戟にも感じ易くて騒々しくなり、眞面目に作業を行わないで、工場主も非常に困って、思案の掲句、遂に赤硝子に替えるに緑色の硝子を以てしたところが、果してここに初めて静肅に作業を続けることが出来た」と。

大抵の獣類は赤色を観てすぐと興奮することは、みなよく知っているところである。蛙も亦赤色に反応し易いものであるから、燃えるような赤い布で容易に誘い寄せることが出来るのである。

痘瘡患者を赤色光線で治療するときに、医師や看護人がその為に不安と興奮状態に陥った例もある。しかし発熱患者にはこの興奮作用は強く感應しないものである。

色の五感的道德的作用

ゲーテが色の五感的道德的作用を、その著「色彩論」に興味深く述べている。現象をその反対の方面から観察して、またその反対の方面に関しては特に報告された知識を総合すると、各色の印象は相異してはいるが、錯覚しないからそれぞれの状態で働くことは明かである。またこれと同じように気分も、各色に対して感興を異にするものであることは、日常の経験によって知ることが出来る。

一フランス人の或漫筆にも、「化粧室の諸道具類の青色を他の色に替えてからは、妻との対話が妙に変調を來した」というような面白い話があった。このように意味のある箇々の作用を十分に感ずるには、眼を全く一つの色で被わなくてはならない。例えは単色の室内にあるか、或いは単色の硝子を通じて物体を見るかである。そうすれば人はその色に順応して、その色は眼と精神を一致させるようになるものである。黄色、赤黄色(橙色)、黄赤色(鉛丹、辰砂色)は陽気である。黄色は純粹であれば常に鮮明な性質を帶び、晴々した快活な、しかも和かに刺戟する性質をもっているから、衣服、窓掛、毛氈等をこの色にすれば心地がよい。このように黄色が全く暖く、気持のよい印象を与えることは経験と一致するところである。この暖い感じは、陰鬱な冬などに、この黄色硝子を透して戸外の景色を眺めるときに、特に強くそう覚えるもので、眼は喜び、心は伸び、気分は晴々しくなって、ちょうど春四月の候にあるかのような思いがするのである。帶黃赤色にあっては、その感じはほぼ黄色に類似してはいるが、しかし黄色と比較すればその差に著しいものがある。赤黄色は元来、熱感と快感とを与えるもので、沈みゆく太陽の赤い色—その和かな光輝などがその代表的な

表. 光線の色と物体の色

物体固有の色	照射光の色					
	赤	橙	黄	緑	青	紫
赤	赤	緋	橙黄	褐	紫	帶赤紫
橙	帶赤橙	橙	帶黄橙	綠黃	褐紫	紫
黄	橙	帶黄橙	黄	黄綠	綠	帶赤褐
緑	赤黒	帶黄灰	帶黄綠	綠	帶綠青	帶青灰
青	紫	橙灰	帶黄綠	帶綠青	青	紫青
紫	紫	褐紅	黄褐	綠褐	青紫	紫

ものである。しかしながら、強い黄色光にあつては、却って前者よりも刺戟が多いのである。精力のある健康な人が特にこの黄赤色を撰ぶのは、少しも異とするに足らないのである。未開人がこの色を好むのはよく知られた事実で、まだ幼児などは鉛丹や辰砂色の光線に照らされることがあるが、これを嫌惡しないものである。人が若し黄赤色を凝視するときは、やがてその色が身体器官を貫くような感じを覚えるであろう。そして不思議と軽い震盪を起し、暗い場所でも持続するのである。黄赤色の布片は獸類を不安、忿怒に駆らしめるものである。自分も亦或教育のある人が、夜明けの薄明にこの色の寝衣を纏っているのを見て、實に不快域に襲われたことを経験したことがある。

青色、赤色、青赤色は総じて陰氣である。そして不安定な感じ、弱い感じ、倦怠の感じを覚えさせるものである。黄色が常に光明を伴うものだとすれば、青色は眼に一種の不思議な作用を及ぼして、これは殆ど口では現すことが出来ない。

この青色は色というよりも、寧ろエネルギーであるが、陰氣であって最も純粋なものは少しも刺戟作用がない。だから、これを観ると刺戟と安静との矛盾したようなところがある。青色は寒冷の感じを抱かせ、純青色の毛氈を敷きつめた室は、幾分か広くは見えるが、しかも空虚で且つ冷い感じがするものである。

青色の硝子は物体に悲哀の光を与えるものであるが、同じ青の中でも赤青となると赤の色が多少とも混ざるから、元来は自動的であるにも拘らず却って他動的となり、その刺戟も赤黄色とは全く異って、人に快活感を与えるよりは寧ろ不安に誘い込む。

その不安の状はその色の濃淡によるもので、全く純粋の赤青色に染めた毛氈は、一種の不快感に襲われるることは明かである。

赤色は其面目、威厳の印象を与え、同時にまた仁愛、温雅の感情などをも含んでいる。前者は光が暗くて濃いときの感じであって、後の場合は明るくて稀薄なときによく感じ得られるものである。つまりこの色に包まれるときは、常に莊重とか厳肅とかめ感じがする。紫色の硝子は恐怖の光を投げるものである。吾々の眼が緑色に遇えば満足を感じ得るものであって、若し緑色の母色である黄色と青色が、ともに不足なく平等に混ざっていた場合には、この混色に対して吾々の眼と気分も、全く単色に対するのと同様であることは、誰しもが異論のないところであろうと思う。これが居室に布く毛氈に多く緑色を選ぶ所以もある。



著者像



藤浪剛一先生が亡くなられてから、もうかれこれ六箇月になる。この書は先生御生前に、先生御自身が力書房と約束せられ、原稿の整理や筆写などについて書房主荒木君が手伝っているうちに先生は逝かれたのであった。

先生は既に二た昔ほど前に光と生物とについてこの種の書を書いておられる。が、しかしそれは絶版となっていた。本書はその旧稿を根本的に加筆訂正せられて、ちょうどその業の経った時に逝去せられた次第で、別刷凸版はその時に新たに加えられた原稿の一部を示したものである。力書房はその原稿に従って直に組版にかかったが、先生は校正にお眼を通されることは出来なかつた。そこで私は故先生と因縁の浅からざるの故と、同時に、力書房の顧問たるの故とによって、その校正を一読し、文字の誤を訂し、先生の原稿の不明晦渋なところは新しい学説に矛盾することなきよう、二、三の削増を加えて、急ぎ上梓したのである。

されば本書は先生の最後の著書でもあり、先生が死の直前まで心をかけられた記念の書でもある。

先生は人も知る理学的療法、特にレントゲン診療学の権威で、わが国レントゲン医学の創設に力を竭された人である。私は二十数年前に大学でレントゲン診療学の講義と実習を先生から受けた。学生時代から特に先生に眼をつけられ、「卒業したら自分の教室に入らぬか」とのお薦めをいただいたこともある。しかし当時私は既に基礎医学、特に生理学を専攻したいと決心していたので、そのまま先生のお薦めに従うことが出来なかつたが、その縁故であとあと先生と或親しさを持つて今日に至つた。

のみならず、十数年前財団法人科学知識普及会に関係することになってから、その専務理事をしておられた故先生との交渉が少しつつ繁くなり、数年前から同会の理事に推薦するといい出され、私としては珍しく留保を重ねていたにも拘らず、再三のお話を受けていた。そして遂に先生は昨年の春、同会の専務理事を辞任されて、代って私がその席に就任したのであり、それは長年の懸案に私も承諾の旨を答えたと同時に、先生の推挽によるところたるは明かである。

先生についてその思い出はなおいろいろとあるが、次に先生の御生涯については、大鳥蘭三郎学士が「科学知識」に執筆せられたところを、転載するのが一番よく判ると思うので、同君の了解を得て、二、三加筆をしてこれを左に記すことにする。

私どもが日頃敬愛してやまなかつた藤浪剛一先生が、昭和十七年十一月二十九日突如として逝かれ（享年六十三歳）、日本の学界の一明星を失つたことは、独り私どもの大なる悲しみであるのみならず、日本の学界にはかけがえのない一大損失ではあるまいか。

先生は愛知県の人、明治十三年御出生。先生の祖父君万徳翁はわが国近世の外科医の大家として、世界に誇るべき華岡青洲の流れを汲む名医で、その卓越せる学識と経験を以て尾張藩に侍医として仕えられた人であった。父先生の兄君故藤浪鑑博士は日本に於ける有数なる碩学であられたことは、普く人の知るところである。かかる名だたる医家に生まれ、長じた先生も亦医学者としてのよき素地を受継ぎ、恵まれたる環境にあられた。

レントゲン線放射線装置がわが国に入ったのは、それが発明された翌年、即ち明治二十九年とされているが、レントゲン線に関する研究、就中その医学的研究は先生が日本に於いて先鞭をつけられた。即ち先生は岡山医学専門学校卒業後、明治四十年欧州に遊學され、當時レントゲン医学の第一人者として目されていたウィーン大学のホルツクネヒトクト教授の許にて厳正なる薰陶を受けられて帰朝されたのである。實に日本人にて斯学を専攻せられたるは先生を以て嚆矢とする。爾來今日に至るまで、ややもすればとかく医学各科の従属的存在として見られているレントゲン医学の独立のために撓まざる努力を続けられて来たのである。元来レントゲン線は医学各科、就中内科、外科方面には必須の診断補助機関であるのは言を俟たないが、レントゲン線に関しては、高度の専門的知識を必要とすることは、ここに述べるまでもない。従つて当然レントゲン専門医が要望される次第であるが、先生は日本に帰られて以来、順天堂病院レントゲン部長として、又慶應義塾大学に医学部が創設されるや、その理学的診療科の主任教授として（現在は故先生の後任として医学博士春名英之氏が就任）引続きレントゲン専門医の育成に当たられ、わが国に於ける斯学の興隆を図られたのである。先生が日本の学界に効された功績は一にして止まらないが、レントゲン医学の日本に於ける独立を振ぎなきものとされたことは、その内でも第一に挙げなければならぬことであろう。

医療に応用される各種の光源に關しても、先生の研究は深く及んでいる。水銀石英燈、水銀蒸氣石英燈、タンゲステン弧光水銀蒸氣燈の紫外線、熱線としての赤外線、更にジアテルミー療法、超短波療法等に就いても、その生物学的作用を明かにされ、それ等の人体への応用を説かれ、所謂理学的療法を大成された功績も亦少しとはいえない。

理学療法の一つである温泉療法に就いても先生の造詣は深かつた。由來日本は温泉国として世界に冠絶しており、その利用も古くより甚だ盛んであったが、その学問的研究はこれとは反対に頗る遅れていた。為に日本の温泉場はともすれば遊興的なものと考えられ、甚だしき弊害をすら伴つたことは寧ろ常識とまでされていた。温泉の医療的効

果を認めていながらも、これを積極的に活用し組織化するまでにはなお相当の距りがあった。このドイツ、イタリヤ等に於ける温泉学の進歩発達せる有様と比較する時は、格段の相違の存する如く見受けられた。かかる情況を見て取られた先生は、わが国に於ける温泉学の樹立が必要なる所以を叫ばれ、多年各地の温泉地を巡遊されて、温泉科学の向上を図り、その設備を改善に導き、更に温泉場の遊興的雰囲気の一掃ということまで、至らざるなき努力を払われたのである。大東亜決戦下の今日、温泉も亦重要な資源の一つとして、殊に傷病将兵の治療に欠くべからざるものとなっていることには、先生の寄与されていることが極めて大きいのである。

先生は亦わが国に於ける先哲の顕彰にも大いに力を注がれた。殊に医学方面及び自然科学方面的先人の業績を明かにされ、現代これ等の道に携わっている者に対して、大きな指針を与えられている。自然科学方面的先人に就いていえば、わが国の化学の開祖ともいいうべく、純正植物学の創始者であり、更に温泉学の樹立者とも仰がれている宇田川裕菴の事蹟は、先生によって初めて明かにされたのである。温泉治療史の総括的な研究を初めて先生が試みられ、東亜に亘る広汎な考證がなされていた。しかも重要なことは、先生はこれ等の史実を単なる史実として見ず、現在に於いていかに生かすべきかを心掛けられたことである。

藏書家としての先生は亦余りにも有名である。殊に古医書の蒐集に於いては故富士川游博士と共に日本に於ける双壁として知られていた。その内でもわが国に於ける名流医家たる曲直瀬家のもの、又宇田川家のものは殊に貴重なものとして珍藏されていた。先生はこれ等のものを保存されるに極めて鄭重、少しも忽せにされなかった。古書の散逸を防がれた先生の功も没することは出来ない。しかも先生はこれ等の文献を死蔵することは決してせられず、請わるれば何人にも快く貸与せられた。科学に關係ある各種の展覧会に於いて先生よりの出品がしばしばあったことは何人もよく知るところである。この点に於いて先生は科学知識の普及に深く意を用いられていたことを知らなければならぬ。

かくの如く先生がわが学界に寄与された功績は一にして止まらないが、何れの場合にあっても、先生の先見の明は、よく将来を洞察して、指導の方向を正視していられたことは、今に於いて一人感じ入るばかりである。先生は学問に明け、学間に暮れると称してもよいくらい、学問には極めて忠実であられた。殊に最後の時までこれを念じていられた一事は、「職域奉公」の名を以て今呼ばれていることを無言の裡に、日本の学界人に諭されているものとの感を抱かずにいられない。

先生の著書には「歯科レントゲン学」「れんとげん治療学」「内臓れんとげん診断学」「れんとげん学」「ラジウム治療学」「紫外線療法」「光と生物」「温泉知識」「東西沐浴史話」「日本衛生史」「医家先哲肖像集」等がある。何れもそれぞれの方面に於ける権威ある書であることは言を俟たない。

因に晩年、帝国学士院編纂の日本科学史記稿委員、交部省教育局編輯員となられ、壯者を凌ぐ饗饌たる御活躍を続けられていた。

さてかくして、先生の専門の著書も貴重ながら、先生がその蘊蓄を傾けて、光の動植物に及ぼす影響から説き起し、如何に光が人類の生活に重大な関係を持つかを、特に生物学的、医学的方面から解説して、国民保健の策に寄与されようとして、極く判り易く書かれた本書の如きは、わが国一般文化界に対して先生を記念する好箇の出版であるばかりではなく、特に力書房の処女出版ともなつたことは、先生が御生前力書房主荒木君にかけられた期待を示すものもいわれるし、折から自然科学普及のために、正にお役に立つことを信じて、私は茲に追憶敬慕の念を新たにして、この一文を草したのである。

昭和十八年五月

財団法人 科学知識普及会専務理事
医学博士 林 龍