

生物に対する光の作用

古 谷 登

太陽光線は地球上の諸エネルギーの根源であつて、日光の作用を蒙らない時は生物は其生命を保持すること困難なるものが多い。所が他方に於て有害作用があつて生活機能に障碍を來たすものであり、種々の疾病の原因となつて來る。この相反する作用は光線特に日光は諸種の波長を有する無数の光線の集合であり、各其作用も亦異なると共に、生物が單細胞生物以外のものは簡單なる組成からならず敏感なる個々の細胞の集合からなることに基くものである。即一個の生體としては太陽光線を享受するも、夫れを形成する個々の細胞は長く夫れに堪え得られないのである。又光線の有する殺菌作用及び組織反應を利用して治療に用ゐられる。例へば狼瘡に於ける如き之れである。

今日總てに互り論ずるは不可能であるから、二三の事項を述べる。

§ 1. 光學的生物反應の一般

光に依る機作は Grotthuss-Draper の法則に依り光が吸収されて始めて行はる、或組織に光を作用さす時その組織が光を吸収せざる時は作用が起きない。抑も光の侵入能力は種々のスペクトルムの範圍で一般的に決められずして、生體の性質に關するが、大體動物體に於ては可視光線の波長の長い方は短いものより深く侵入する。即波長の長い程組織の奥深く進み、波長の短い程 penetrance は少く吸収されることが多い。又紫外線並に逆に赤外線は吸収が強い (Hertel)。従つて紫外線は生物組織によく保留せられて強く作用を現はし、波長のズツト短い

Schumann 線は原形質に強く吸収され破壊的に作用する (W. T. Bowie)。波長の長い方は一般的には色素の如き光を吸収する物質の媒介がない時は作用が現れない。所が赤外線になると $1200 \mu\mu$ 位で著しき作用を現す (Hertel)。かく光は吸収されて作用を現すのであるが吸収された光が總て化學作用を起すのではなく屢々吸収された光は熱に變る (Hausser u. Vahle)。

光化學機轉として A. Benrath は光に依る合成分解異方性化重合酸化還元とに別つ而して波長の短い方は合成よりも寧ろ分解に作用する、従つて紫外線の破壊的作用が説明出来る。有機物から GO_2 , CO , H_2 等を分離するのが波長の短いものゝ主なる作用である (A. Benrath)。

Karl Neuberg は光化學的作用を生物學的見地から (1) 瞬間的に働く光作用, (2) 緩漫なる光作用, (3) 感應物質の影響の下に於る光作用, (4) 光の觸媒作用, (5) 光化學轉位とに別ち, Hausmann は尙 (6) 分子内酸素移動を附加して居るが一々は述べない。

光學的生物作用の時間的經過。之れは二つに別つ。

1. 潜伏期 (Latenzzeit) 即光化學で Photochemische Induktion と云はれるもので、諸種のものに就き研究されて居る (Dreyer, u. Hanssen, Hausmann)。赤血球に光を照射すると溶血反應が起る、之れがある條件の下には二日の潜伏期がある。此際注意すべき事は生物作用は一程度迄ならぬと認められぬ事で、潜伏期があつたとしても、夫れが反應は既に前に起きて居たのであるが、吾人が認め得なかつたのではないかと云ふ事は考へねばならぬ。皮膚に短波長の光をあてると一定時日の後に炎症が起る、この期間が潜伏期だと簡單には云へないのである。又 Phototaxis とて光の方向に生物が運動する、之れにも潜伏期があつて、これは Photokinetische Induktion である (Engelmann)。

第 一 表

1 分間照射, 潜伏期 16 分 $\frac{dx}{dt} = k(a-x)$

t	赤 血 球 数	
	實測値 (a-x)	計 算 値
0	98	98
2	87	86
4	75	75
6	67	66
8	60	57
12	44	44
16	35	34
22	22	23
26	17	17
36	9	9
40	7	7
44	5	5
48	4	4

2. 本来の光の反応を赤血球の光に依る破壊に就て見ると此光反應は $dx/dt = k(a-x)$ なる式に従つて、一分子反應の様に経過する (第一表, G. Dreyer u. O. Hanssen)。尚グリコシッド酵素毒素抗毒素の光による變化 (Dreyer u. Hanssen), ラブ酵素の紫外線に依る破壊 (Schmidt-Nielsen), オキシヘモグロビンがメタヘモグロビンになるのも (Hasselbalch), 溶血性補體の紫外線による破壊 (井上古谷) も一分子反應に従ふて居る。

併し總ての光による生物の化學的變化が一次反應式の如く経過するか否かは疑問で, Lüers u. Larinser は酵素に就き檢して反對し, 入江はパンクレアスリパーゼに関し $kt^n = konst.$ 又は $k^m t = konst.$ なる公式で光線非働は経過すると云ふ。

後期作用 (Nachwirkung)。屢々見るもので、一二例を挙げると、菜綠樹の芽胞は僅か光にあてゝ暗所に置くも青くなる、又赤血球に光をあて暗所に置くも赤血球破壊が出現する。尙一言附加すべきは前例は光

に照射せる後強く冷却すると青色を呈せざるも、之を温めると青くなり、又蛋白液に短波長の光をあて 0°C に置くと認む可き變化はないが、之を室溫に持來すと凝結する (W. T. Bovie)。これは寫眞に於て認める *latentes Bild* に相當する。

此項の最後に Bunsen-Roscoe の法則が生物學反應に於ても適用されるものがあることを擧げて置く。

§ 2. 動物體基質、酵素、毒素、抗毒素等に對する光の作用。

A. 動物體基質。蛋白質。短波長の光を照射する時は蛋白質は凝析する。血清アルブミン、卵アルブミンは酸性、中性、アルカリ性溶液各から凝結するが相當長時間照射するを要す、酸は沈澱の出現を助け、ペプトン及カゼイン溶液は沈澱しない (Dreyer u. Hansen)。原形質は可視光線では變化しないが紫外線では温熱作用を完全に除却しても、蛋白質は凝結する (Bovie)。もともと蛋白質は光に敏感な方ではない、特に太陽光線の長波長の方を非常に長時間照射しても認む可き變化がない。然し無機鹽例へば Mn, Ce, U, Fe 鹽が存在する時は光に感應性を得て分解作用が現れる。プロテイン及ペプトンは一部加水分解し、次でアミノ酸はアルデヒド、アルデヒド酸に移行する (Neuberg)。

合水炭素。澱粉、グリコゲンの光の分解でグルコースを得 (Neuberg)、澱粉の光線に依る加水分解でデキストリン、還元性糖即グルコース、ペントゼを、更にフォルムアルデヒドを得る (Bielicki u. Wurmser)。重糖類、三重糖類は或條件の下では單糖類に分解する。勿論紫外線に依るのである。光の敏感度は糖の種類並に溶液の反應で異なる、従つて單糖類を光に對する抵抗から分類せる人もある (Berthelot u. Gaudechon)、尙金屬鹽を加へると光の敏感度が高まつて來る (Neuberg)。

脂肪。金屬觸媒體の存在で部分的鹼化作用が現れる (Neuberg)。

ヌクレイン酸。觸媒體の存在で分解する。

尿酸鹽。螢光物質或は鐵鹽があると變化を受ける(Pincussen, Neuberg).
 血色素。血液を紫外線で照射すると黒いチョコレート色を呈し、酸素と結合し、又之れを遊離する機能が減少する。これはオキシヘモグロビンがメタヘモグロビンになつたのであつて、酸素の存在の下で行れる作用である。普通空中では血液の酸素結合力が半分にも低下するが、真空中で光をあてたのでは全く變化は來ない。更に變化が進むとメタヘモグロビンはヘマチンになる。所が還元ヘモグロビンは光で變化しない。メタヘモグロビンを真空中で光をあてると還元ヘモグロビンになり、之れを暗所に置くとオキシヘモグロビンになる。又ヘマチンは光でヘモクロモゲンに還元され、暗所に置けば再びヘマチンに歸る(Hasselbalch)。以上の如き變化は $310\mu\mu$ 位から以下で行はれる(Hertel, Hasselbalch)。

此の血色素の變化が生體内で流血中で行はれるか否かに關しては疑問である。

B. 酵素及び酵素作用。酵素を照射した際光の酵素に對する作用は酵素自個に及ぼすものと酵素作用に及ぼすものになる。抑も酵素は著しい光の感應性は有せず、毒素よりも抵抗は強いが、充分に照射する時は其作用が消失する (O. Emmerich, E. Hertel)。此酵素作用抑制は一部は酵素分子の破壊に歸すべきものである。酵素は可視光線並に紫外線で作用を受けるが、波長の長い方でも酸素が存在する時は作用される。

Green はアミラーゼが紫外線で破壊されることを觀察し、且つ可視光線は其母體を活性化すと云ひ、Hertel 及 Chanchard もアミラーゼ破壊を認確して居る。入江はバンクレアスリパーゼが紫外線並に感應物質存在の下で太陽光線にて非働せられることを述べ、Delezenne はリバ

ーゼはトリブシンよりも急速に破壊され、Agulhon はサツカラーゼに就き酸素の存在は光線による破壊を助長すると云ふ。血液カタラーゼに就きても同じく其作用が減弱されることが認められて居る (Lockemann, Thies u. Wichern; Zeller u. Jodlbauer).

處が此處に興味あるはペルオキシダーゼは光に依り其作用が昂進するが光が強くなると抑制されることである。Bering 及 Meyer に依ると、赤線は變化なく黄線は促進し緑青更に紫外線でも酵素作用を高める方向に強い刺激を與へる。即酸化酵素に對しては波長が短い程作用が強くなつて來る。尙膿汁、ヘマトポルフィリン、硫酸鐵等は此際の光の促進作用即酸化機轉を高める (Bering u. Meyer).

最後に細胞内で作用する酵素が光線で *intra vitam* で如何に影響されるかに就ては W. Ostwald, Haaslebaleh, Jamada u. Jodlbauer の研究がある。カタラーゼ量が減じ、ペルオキシダーゼは増加するものと思はれる。其他 Pincussen は各細胞は夫々酵素を有し、細胞が破壊されると酵素は血中に出る、それで光を照射すると血中酵素量が増加すると云ひ、H. Koenigsfeld は光に依り血中抗トリブシン量の變化を證明してゐるが、之れは多核白血球數の變化に基因する。

C. 毒素抗毒素其他類似物質。光が蛋白質に對して凝結作用を有することから考へて、上記の物質が光線で其作用が減弱されることは理論的に當然である。又事實然り。短波長のもの程作用は強いが、長波長の光に對しても變化する。一般に毒素は光に對して左程安定ではないが結核菌毒素は甚だ光に抵抗が強い (Janzen, Hausmann)。舊ツベルクリンを照射して蛋白質凝結の爲に潤濁を生じたものでも尙ピルケー氏反應を著明に呈する (Mayerhofer)。破傷風病毒素に關しても研究がある (E. Bering, Cernovodeanu u. Henri, Nogier, Baroni u. Jonecu-Mihaesti)

抗毒素補體, アンボセプトール, 凝集素等に対する紫外線の作用は總て減弱を來たし, 破壊的に作用する (Baroni u. Jonescu-Mihaesti, Doerr u. Moldovan, O. Stiner u. S. Abelin, E. Friedberger)。補體は中節と末節とに別けると, 中節の方が敏感である (W. Th. Bovic)。尙井上, 古谷は家兎血清に紫外線を作用さして溶血性補體作用と血清の濁濁度, 膠質度の變化を見た。補體作用は強く侵されその減弱されるキネテックは一分子反應に類似して居るものであり, 其時血清の濁濁度は熱による時の如く著明ではないことを知つた。

身體内で毒素は如何。海猿にデフテリヤ毒素を注射して孤光燈で照射すると毒力は減弱されるか無害となる。之れは長波長の熱作用とされて居る。即皮膚其他近くの組織の血液が 47—48°C にもなり, 爲に毒素が影響されるのである (C. Sonne)。

免疫現象に關しても研究が行はれてゐる。チフス菌を注射した動物 (C. Stäubli), チフスワクチンを注射した人間 (Hansen) の血中の凝集素量が光りで影響される。時に一過性の凝集素量の増加はあるが多くは對照として光に曝露しないものよりも減少する。

D. 細菌。光の殺菌作用は最もよく研究されたものである。Downes 及 Blunt が紫外線の殺菌作用を初めて見た。多くの文獻があるが略する。この殺菌性は紫外線自個の作用によるか, 或は照射に依り細菌浮游液又は培養基から新生した物質(亞硝酸, オゾン, 過酸化水素, 有機性毒物)によるか。Hertel は紫外線の直接作用に依ると考へてゐる。然し尙日光と酸素の存在で殺菌作用を逞ふするといふ考もあり, 又培養基を日光に曝露したものは脾脫疽菌芽胞の發育を阻止するが然らざるものは通常に發育するといふ實驗もある。

E. 酸素の意義。光學的生物作用に於ては或物は酸素を要し他物

{144}

(古谷登) 生物に對する光の作用

は酸素が不要である。其要する酸素は一般には光源と光を受ける物の中間媒から齎されるのであるが時には其物の一定の組成であることがある。其の好例はオキシヘモグロビンと還元ヘモグロビンの光に對する關係である。諸家の研究に依ると紫外線では一般に酸素は不要であるが(V. Bie),波長の長い方では酸素が入要となる,特に温度が低い時には酸素がないと光の作用は現れない。殺菌作用はその例である(Thiele u. Wolf)。特に生物に對する光力學的作用には酸素を要するがこれは後述する。

F. 温度の意義。光學的生物作用では外界の温度につれて生物自己の温度が變化するものに於て温度の影響が現れる。従つて植物や變温動物に就き觀察が行れて居る。光の炭酸同化作用は温度が低い時は光があるも行はれないこれは寒冷が Chloroplast に及ぼす作用と思はれる。光の殺菌作用でも *B. prodigiosus* は 30°C よりも 40°C の方が早く死滅せらる,且つ高温度の時は短波長の光線が殺菌作用を有するのみでなく,長波長の方も亦此作用を有する(S. Bang)。又生物の色素形成も温度に影響される(J. Sachs)。其他種々光學的生物作用が温度の影響を受けるのであるが,之れは生物自個に作用を及ぼした爲で,光化學的の根本の機轉には殆ど變化を能へないものと考へられる。

[附] ヴィタミン D。生物に廣く分佈して居て骨形成に關係を有して居ると思れる。Challenger は或深海の魚類に限つて,その屬は皆骨からなる魚であるにかゝはらず,軟骨よりなることを見た。又佝僂病は光線の多い所では治癒する。或村では秋に生れた子供は佝僂病が多く春に生れた子供は此疾患がない。これは秋に生れた子供は長い冬期中家にあつて光線にあたることが少く,春に生れた子供は兩親の野仕事に連れて行かれ光線に照らされることが多い爲と説明して居る

(O. Bernhard). 又佝僂病は短波長の光線で治る (Huldshinsky). 同じ食餌で冬には佝僂病が起き夏にはおきない。一方光線下と暗所とで犬に就き新陳代謝を見た人があるが暗所では鹽類が少くなる (Deckwitz). 以上の事實は骨形成と光線特に短波長のものと關係ある如く思はれる。

一方佝僂病に肝油を與へると治ることは知られて居る。これは抗佝僂病性ビタミン D を含む爲である。又動物に脂肪溶解性ビタミンを與へると腎石、膽石の如き病的物質が出来て(藤卷、白杵)、且つ其際血中膽汁中の Ca-鹽類等が増加する(白杵)。之れは恐らくビタミン D の方が主に關係するのだろうと私は考へてゐるが、之等を合せ考へると、骨形成—肝油(ビタミン D)—光線特に紫外線照射の間に密接な關係があると思れる。

最近ビタミン D の本態が明になつて來た (Hess, Pohl, Rosenheim etc). ビタミン D は光により活性化されたものである。ヒョレステリン、乳汁、乳粉に紫外線をあてると之れが出来る。併しヒョレステリン等が其母體ではなくして、その中に含まれて居るエルゴステリン $C_{27}H_{46}O$ が紫外線でビタミン D となつたものであることも明になつて來て居る。

§ 3. 組織の Photoaktivität

Schläfer は家兎血液のホトアクティビテートに就き述べて居る。即白兎の血液は 3—4 耗の距離に於て寫眞乾板上に効果を齎らす。所が色素を有する動物では此作用が著しくない。血液を長く太陽光線に照すと、此ホトアクティビテートは増加する。1924 年に高橋はビタミン製劑なるビオステリン上に寫眞乾板を置く時は其感光面を變化さす作用あることを發見した。而して此作用とビタミン作用とは平行し紫外線の照射によりて尙一層ホトアクティビテートは増如する

ことを認めて居る。勝沼は白血球の寫眞作用あるを認め、柳田は大脳、胃、脾、肺、肝、心臓、骨髄、筋肉、甲状腺、副腎等が該作用を有することを見た。一般には組織のビタミンA含有量と本作用とは平行する様である。

この作用の本態に関しては Vollmer, Hennig, Schläfer 等の説に依ると、不飽和の状態にある物質が紫外線の作用によりて容易に $-O-O-O-$, $-O-O-$ なる分子族を得て、ペルオキシド又はオゾニドとなり此過酸化物が寫眞乾板上のブローム銀面上に作用する化學的變化で紫外線を以て照射せざる状態に於て既に寫眞作用を呈するは其内に過酸化物を含有する結果で又照射によりて始めて寫眞作用を呈するのは第二次的に過酸化物を得た爲であるといふ。

§ 4. 光の媒觸

鼠にヘマトポルフィリンを注射して感應せしめ日光にあてると死する、然し注射しないものは死なない。又葉緑素を有する植物は光で炭酸の同化作用をするが葉緑素を有しないものは行はない。これは光の作用に対する光學的觸媒の共同作用有無に依る。一般に個體液體、瓦斯體共に觸媒體に依つて光に敏感にすることを得る。

光化學的觸媒の考は F.W. Vogel (1873) の *Optische Sensibilisation* の發見に始るもので、これは或波長の光に對して敏感でない物質を色素に依つて敏感にするといふ研究である。*Optische Sensibilisation* に對して彼は *Chemische Sensibilisation* と云つて還元物質を除去することによつて光の作用を促進するものを擧げてゐるが、Weigert に依ると其兩者間に判然たる區別がたてられない。

I. 金屬鹽に依る光學的觸媒作用

種々の金屬鹽が光學的觸媒作用を有することは光學的生物反應に關係深き所で、Neuberg が精細に研究して居る。化學的純粹なる物質

特に有機物は光に敏感性がなく純粹なる状態なれば長く光に曝すも變化はない。これに光のエネルギーの運搬者を加へると變化が来る。この光學的觸媒體として金屬鹽特に Fe, Mn, Ce, U 等の鹽類の少量が役立つ。其中 Fe-鹽は生物界到る所に存するのであるから意義深きものとなる。

Neuberg は Fe-鹽の光化學反應に於ける作用を總括して述べて居るが、アルコールはアルデヒド、多價アルコールはオキシアルデヒド又はオキシケトン酸はアルデヒド又はケトン、單糖類はオゾンと酸、重糖類或は多糖類は轉化し後酸化する、グリコシッドは加水分解し脂肪は分解し、磷酸及硫酸エステルは分解し、アミノ酸はアルデヒドを出し、蛋白體は一部加水分解しアミノ酸は變化しベンツォール核は水酸化する、有機酸の中性アルカリ鹽は炭酸アルカリに酸化される。此等の Fe-鹽の作用は空中から酸素を採り光の下で之れを運搬する機能に存する即 $\text{Oxydul} \rightleftharpoons \text{Oxyd}$ と絶へず轉換して觸媒作用 (Übertragungskatalyse) を行ふにある。

II. 光力學作用.

Vogel の色素に依る銀鹽の Optische Sensibilisation の考は 1899 年に Hermann von Tappeiner の光力學現象の發見となつた、即生體又は生體より產出した物質を其儘では光に過敏でないものを光に敏感にするのである。螢光ある色素を用ゐて、動植物生體、分離した細胞、酵素、毒素、抗毒素等を光に敏感にして、光の作用を有効ならしめた。此際螢光と光力學現象とは平行に行く。光力學作用ある時は螢光がある、但し其逆は必ず眞ではない。種々の人の研究がありゾウリ虫に對する作用 (O. Raab, H. v. Tappeiner, F. Osthelder u. E. Erhardt), 織毛上皮、白血球、淋巴球の運動 (Tappeiner), 溶血現象 (Sacharoff u. H. Sachs, H. Pfeiffer, W. Hausmann)

等の報告がある。

A. 動物體に對する光力學物質の作用。蛙に少量のエオジン液をやつて散亂日光にあてると僅の興奮を來たす、直射日光にあてると後肢の麻痺が來て翌日になると死亡する。大量のエオジン液を川ぬると二十分位にして興奮があり二時間後には麻痺が現れ間もなく死亡する。所が暗所でエオジン液をやつても之等の症狀が現れない (Jacobson)。又魚をエオジン液のあるガラス器に入れてそれを散亂日光下に置くと表皮細胞が壞疽に陥り一二日以内に死す (Jodlbauer u. Busk)。

温血動物や人間に就ても觀察されて居る。エオジン鼠を光で照射すると不安と興奮の狀を示し、日蔭に行かんと努力し、絶えず光のあたる部分特に耳をこすり、遂に耳は壞疽を起して脱落する (Raab)。其他毛は落ち、眼瞼は腫脹し、眼球突出を見た人もある (A. Jodlbauer u. G. Busk)。其他 Sacharoff u. Sachs, Hausmann, Prime 等の觀察があるが、Hausmann の例は随分精細に觀察されて居るのでそれをザツト述べる。

鼠にヘマトポルフィリンをやり暗所に置くと可成多量に堪えるが、これを光に當てると光の強さ並に色素量に依り種々の症狀が現れる。光線死、急性、亞急性、慢性症狀の四型がある。光線死は僅の興奮があつて後直に昏睡に陥る時には強直性痙攣がある。此重症の例では殆ど認むべき潜伏期がない。急性型では身體を強く搔きむしり、床を逐ひ廻り、耳殻は赤く、眼は光を恐れ眼瞼を閉じ、呼吸困難を來たし斃死する。此初期に暗所に連れ來すと症候は消失する。亞急性型では皮膚浮腫が強く現れ二三日で斃れる。慢性型では耳殻の壞疽が起き、脱落し、眼の周圍に脱毛の輪が出来る。

Meyer-Betz はヘマトポルフィリンの作用の自家經驗を行つた。丁度動物に於ける亞急性型の如くに全身特に眼瞼に浮腫が來た。暗室に

居ることによつて此等の症候は消失するに至つた。尙 Prime は人間のエオジン病を記載して居る。それは癩癩治療の爲エオジンを毎日多量に経口的に投與した所顔面、手がエオジンの赤色を帶び、腫脹した、併し痛はない。搔い跡に潰瘍が出来手の爪特に拇指の爪が罹患して、末梢から黒色になり始めて脱落する。光にあたる部分が強く侵される。従つて足の爪の方は侵されない。

尙其他光線による疾患、光線死等に就き光力學的作用に關して多數の報告がある。

B. 植物に對する光力學作用。乳酸菌、釀母に依る醗酵作用、諸種細菌、絲狀菌の分裂作用等が感應性色素及光線で中絶される (Jodlbauer u. Tappeiner)。細菌の毒力消失は細菌死滅よりも早期に現る (Huber)。高等植物でも研究されて居るが、一般に光に對して抵抗が強く、特に細胞膜の有無、其状態が抵抗力を左右する。障碍された植物細胞の状態は簡單で、空洞形成、色素を攝取して收縮の像を呈す。尙葉綠素を有するものは無いものより抵抗が強い (Gieckhorn)。

植物には *Atmungschromogen* なるものがあり、容易に酸化されて色素を生ずるが、此母體から色素を生ずる酸化作用を光力學的物質並に光線によつて促進する。

C. 酵素、毒素、抗毒素等。短波長の光線は直に作用するが、長波長の光線は螢光物質の存在で上記のものゝ作用をなくする。Tappeiner は酵素を光の感應度並に感應物質の影響から二群に別つ。一はインペルターゼ、ヂアスターゼ、ヒモージン、パペイン、チャーゼ等で散亂光では著しくなく、紫外線の無い日光で僅に螢光物質を僅に加へると其作用が消失するもの。二はトモシリ草のペルオキシゲナーゼ、血液脂肪のカタラーゼで散亂光でも既に著明に侵されるが、螢光物質を加へても著

しくならぬものである。

毒素抗毒素凝集素等は光力學的作用で其作用は減弱乃至消失する (Tappeiner u. Jodbauer)。溶血素及ノイロトキシン (Kobraschlange) は何ら障碍を受けない。尚胆汁は毒素抗毒素に對して光力學的作用を有して居る (Hausmann u. Pribram)。

D. 血中物質に對して。太田は家兎にヘマトポルフィリンを注射して一定時間日光直射下に置いて之が血液を検して、その赤血球數及び血色素量の減少血中の脂肪及びフィブリノゲンの増加を見杉野はエオジンを注射した家兎を同様に日光に直射せしめると血中小血小板の著しき増加を認めた。辻はエオジン、ウラニンを家兎に注射して日光直射下に飼育し同時にチフス凝集素產生の様子を見ると、色素が多量の時は中毒症狀が現れ、その症狀に比例して凝集素產生は抑制される。併し色素の少い時は中毒症狀少く且つ中毒症狀なき時は一過性の凝集素產生が旺盛となる。尚色素を日光に直射してそれを少量家兎に注射して暗室にて飼養し凝集素產生を見ると一過性に旺盛となることを認めて居る。

Pincussen の研究であるが感應した家兎を長く光にあてると血糖が減少する時に二三例で増加があつた。又糖尿病尿患者にエオジン又はメチレンブラウを注射して長波長の光線で照射すると血糖がすすくと減少し、糖尿も消失し、且つ尿中アセトン體の排出も消失した。

E. 光力學現象の一般。此光力學的作用は使用色素に吸収される光線の範圍内に於て現るものであるから、可視長波長の部分によるのである。此作用が現るには潜伏期があり、其後は一分子反應の様に進み、又後期作用がある (Dreyer u. Hanssen, O. Harzbecker u. A. Jodlbauer, W. Hausmann)。此反應の温度の影響は僅で 20°C 毎に 1.125 倍といふ

のである。此の反應が現れるには必ず酸素を必要とする。

Tappeiner は短波長の光の作用では酸素がいらす長波長の時は酸素が入要であることから、兩者の光とも最初には分解が起き、尙光を續けてあて同時に瓦斯體の酸素がある時は分解物は酸化される。長波長の時は作用が弱くて直に平衡状態に到り分解は停止する、併し酸素があると此分解物を酸化して除去するので、反應は更に進んで認め得る程度になる。此際螢光物質は酸化を促進して光の作用を現はしめる。短波長の光は作用が強いので酸素の存在は問題でないと云ふて居る。又感應物質は光を吸収するもの、他のものを酸化する物質として役立つ (Hasselbalch)。

Neuberg は金屬觸媒體を用ゐて得た光觸媒反應を光力學的物質を用ゐて行ふに、アントラセン屬を用ひた時にのみ成功した。即光力學的に作用する他の物質も之れを行ふことが出来なかつた。そこで光力學的に作用する物質を二つに別ける。一は $\text{Chinon} \rightleftharpoons \text{Hydrochinon}$ の二つの酸化階梯を變換して酸素を與ふもの、他は過酸化物を作り、過酸化物の酸素を分離してアクセプツールに與へるものである。Noak は光學的作用を過酸化物形成に歸して居る。

光力學作用を抑制するものがあるが血清、卵蛋白、蔗糖、其他含水炭素等があけられて居る (G. Busk, Jodlbauer, Hasselbalch)。

§ 5. 天然色素の光に對する關係。

1. 色素形成。光によつて人間其他の動植物に於ても色素形成を來す。勿論皮膚色素と光と關係なきものも存するが (v. Oordt), 多くは色素形成と光とは關係を有して居る。又色素形成それ丈ではなくて色素の色も影響される (Poulton, H. Praibram)。多くの動物は光に曝れる部分が強く着色することは説明を要しない。又周圍の色に順應す

(153)

(古谷登) 生物に對する光の作用

ることが光と關係を有することも諸家により研究されて居る
(Poulton, Standfuss, O. Wiener, H. Przibram, Brecher)

尙光と色素の化學的組成との間に關係があるか否かといふ問題がある。葉綠素は多くの植物で光線の助で形成せられるのであるが或る植物の一定の部分は暗所にあるに關らず葉綠素を形成する。それで光を必要とする葉綠素と暗所に於ても形成される葉綠素とを別つ人もある (Marchlewski)。併し現今尙光による色素と然らざるものとの間に化學的差別は明になつて居らぬ。唯二三の色素がその母體から光により出来る又はそれが促進されることは判つて居る。ボルフィリンはその母體なるロイコパーゼのボルフィリノゲンの酸化で出來光がこれを助ける (Fischer)。インヂカンは光により觸媒體の存在でインヂゴブラウになる (K. Neuberg u. E. Schwenk)。

光で色素が出来るにも潜伏期がある。

人間の皮膚に光線をあてると、日焼なる炎症が起き次いで色素形成が現る併し色素形成に當りて必ずしも炎症が現れる必要はない様である。此のメラニン色素形成は短波長の光線に依るもので Schrötter は λ が 360—292 $\mu\mu$ で色素形成を證明して居る。併し可視光線、赤外線も一部色素形成に役立つ様である。(Kisch) 勿論感應物質の共同作用では種々の波長の下で色素形成がおこなはれる。

此の色素形成は酵素作用に依るもので Otto Fürth, H. Koenigsstein, Bloch 等の研究があるが Dopa (β , \pm Dioxyphenylalanin)-reaktion と色素形成は平行に行く様である。

尙アヂソン氏病といつて色素形成が過剰になる疾患があり、全身に色素沈着が大となるが特に直接光にあたる部分が黒くなる。これは副腎の病的の爲であるが酵素作用の高まつた爲でなくして、色素形成

物質の増加によると考へられる(Bloch)。

2. 活性色素作用。天然色素は光力學的に作用する。即その色素がなければ生體に作用しない光を、之が存在に依つて有効にする。即光に對し活性色素作用(aktive Pigmentwirkung)と名付ける作用を有す。特に長波長の光線に有効ならしめることが大切である。葉綠素(Hausmann), B. pyocyaneus の色素(Jodlbauer), ヘマティン, ヘマトポルフィリン, ローポルフィリン, 膽汁(Hausmann)等の光力學的作用が研究され、又生體に於て天然色素による光力學的作用が實驗的に研究されて居る。精細の事は略して、こゝに Hausmann が天然色素の赤血球に對する感應作用を見た表を掲げる。(第二表)

第 二 表

Farbstoff bzw. Rohmaterial	Sensibilisierende Wirkung auf Erythrocyten
Oxyhaemoglobin	(-)
Hämatin	(-)
Hämatoporphyrin	(+)
Mesoporphyrin	(+)
Isoliertes Hämoporphyrin(H. Fischer)	(+)
Isoliertes Koproporphyrin (H. Fischer)	(+)
Rohporphyrin aus dem Harn eines Hydrokranken	(+)
Rohporphyrin aus dem Harn eines Bleikranken	(+)
Rohporphyrin aus dem Integument von Eisenia fetida	(+)
Porphyrinhaltiger Harn (Hydroa)	(-)
Galle	(+)
Kristallisiertes Chlorophyll (Willstätter)	(+)
Reinchlorophyll	(+)
Auszüge etiologierter Pflanzenteile	(+)
Phylloporphyrin	(+)
Verschiedene Blütenauszüge	(-)
Phykozyanhaltige Algenextrakte	(-)
Phykoerythrinhaltige Algenextrakte	(-)

此表中面白い事は動物と植物とに於て各重要なる二色素オキシヘ

(154)

(古谷登) 生物に對する光の作用

モグロビンと葉綠素とが相反した位置にあることである。葉綠素は光力學的的作用があるがオキシヘモグロビンは有しない。

寫眞乾板に對する感應度も同様の關係があつて葉綠素、ヘマトポルフィリンは臭化銀コロヂウムを感應するが、オキシヘモグロビン、ヘマチには其の作用がない。

最後に Hydroa なる疾患に就き述べる。これは先づ結節が出来その周圍が赤くなり、間もなく中心から水泡になつて来る。それが痂皮を作り癩瘡を作つて治る。而もこれが發生部位は日光を直接にうける部分に限られて居る。此の疾患は血族的に現れた例もあることは、此疾患にかゝり易い素質を有してゐることを示す。又ヘマトポルフィリン尿患者に此疾患が來ることは大切なこと、ヘマトポルフィリンが光力學的物質として作用するものと思はれる。

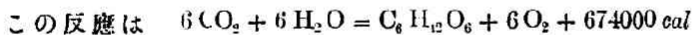
3. 色素の防禦作用。次に天然色素の大切なる作用は光線に對する防禦である。動植物に對して色素は總ての波長の光線を防ぐ。普通紫外線は健康なる皮膚に於ては 0.5 耗の深さに至ると全部吸收されるが、波長の長い黄色線は遙に深部に達し皮下五乃至六厘の深さに位する寫眞板にも作用するものである。有害に作用するのは紫外線であるから、之れを吸收する役目を有す。従つて有色人種は白色人種に比して日光に對する皮膚の抵抗力が強い理である。

色素が紫外線を吸收してその有害作用を阻止する例として皮膚に色素斑(夏日斑)ある人が登山し、日に焼け顔面一般に腫脹潮紅するも色素斑の所在部は變化を呈せず陥没す。又皮膚白斑(色素缺如)は日光に感受性が強く、日光に曝露するも色素を生ずることがない。

§ 6. 綠葉植物に於ける炭酸の光化學還元。

綠色の植物は葉綠素なる綠色色素を含む原形質粒を有してゐて、そ

の助に依りて太陽光線の下で空中の炭酸を糖に還元する。分光の如何なる部分が炭素同化に用ひられるかといふに Ursprung は何れの部分も關與すといふ。曩に Baly, Heilbron 及び Barker は $200\mu\text{m}$ の光線に炭酸の水溶液を曝らしてフォルムアルデヒドを得、又之を $29\mu\text{m}$ の光線に曝らす時フォルムアルデヒドが縮合して還元性糖に變ずる事を認む。Baly は此論文に於ては植物體にては光觸媒體(色素)の作用により普通光線にて炭酸よりフォルムアルデヒド發生し、之が更に光觸媒體の存在に關係なく長波長紫外光線にて還元性糖質に縮合せらるゝと述べた。



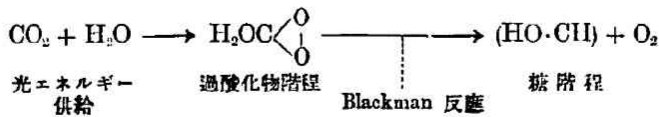
で、此の逆反應が動物體内で糖燃焼の際行はれる。

葉の中には種々の糖があるが恐らく先づ單糖類が發生し、之が更に二糖類乃至多糖類に變化すると思れる。1870年 Baeyer は炭酸は植物體内で $\text{CO} + \text{O}$ とに水は $\text{H}_2 + \text{O}$ とに變じ斯くして生じた $\text{CO} + \text{H}_2$ は互に結合して CH_2O となりこのものが縮合して六炭糖を作ると論じた。此 CO 發生に就ては疑ふものも少くないが、 CO_2 と H_2O よりフォルムアルデヒド生じ此れが更に縮合して糖になる説には賛する者が多い。Willstätter は同化比 (CO_2/O_2) が 1 なる事實から CO_2 と H_2O から先づフォルムアルデヒドが發生するといひ、Loew はフォルムアルデヒドから容易に六炭糖の發生することを實驗的に立證した。

Blackman, Willstätter, Warburg 等の研究によつて此光學的合成は二つの機轉に別つ、一つは Photolyse で、他は夫れに引續きて起る化學的の暗黒反應 Dunkelvorgang 即所謂 Blackmann の反應と云はれるものである。即 Photolyse では葉綠素と反應した炭酸が過酸化物となり、次の暗黒反應で此過酸化物がそのまゝ酸素と糖の還元階程の C-結合體となる。即

(156)

(古谷登) 生物に對する光の作用



如何なる機序によりて植物體中にて CO_2 と H_2O から フォルムアルデヒドが發生するか明でないが willstätter によると先づ CO_2 は膠質性溶液の状態にある葉綠素と重炭酸鹽様の添加化合物を作り此化合物は日光より供給せられたエネルギーを吸収して分子内轉位を行ひ、フォルムアルデヒド過酸化物となる。此物は容易に O_2 を失ひ同時にフォルムアルデヒドの新生及び葉綠素の再生を起す。此フォルムアルデヒド過酸化物の分解は植物體では酵素作用で行はれると思はれる。

Baly は其共同者と共に研究した結果を昨年發表して $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ から直接に糖が出來ると述べて居る。即ち水に浮遊させた不溶解性物質例へばアルミニウム粉末、硫酸バリウム粉末等の表面に吸着された純粹なる炭酸に紫外線をあてるとフォルムアルデヒドとならず直接に糖に、又可視光線でも水に浮遊させたニッケル又はコバルト炭酸鹽に吸着されて炭酸は直に糖になる。in vivo に於ても葉綠素にて糖が出來て普通のフォルムアルデヒドは此の反應に於て關係がないと述べて居る。此の Baly の研究は炭素同化作用に關して新らしい見界であつて最近問題視されて居るものである。

光化學有効度。C-同化の時照射の極大有効度は種々の事で影響される。強い照射では夫れは光の強さに關係しない併し又弱い照射の際も單に光の強さにのみ比例しないで光が弱くなるにつれて増加して來る。之れに對して Warburg は同化の際作られたる糖の爲に炭酸が葉綠素を有する細胞の表面に出て來ることが困難になる爲と説

—(紹介)—

明して居る。即照射度が少く従つて形成される糖濃度が小なればなる程光を受けて居る間に炭酸分子が表面に益々密に存在する。實際表面を占領する物質例へば麻醉剤によつて光化学有効度は少くなる。この事は光分解機轉が表面の大きさに影響されることを示す。

第二に弱い照射度では葉緑素量が大なる細胞では有効度が高まる。

第三には葉緑素の吸収線には無關係に波長に關係して赤のスペクトルムの終迄は高まり、それから零迄低くなる。赤線で最好都合の時は60%となる。

此光化学有効率が波長に關することに就き尙少し述べる。Algen培養に於て、有効率を ϕ で示し吸収された全エネルギーに對し%で表すと第三表の如くなる。

第 三 表

Alge Chlorella の C-同化の際の光化学有効率(ϕ)

色	波 長 λ	ϕ (%)
rot	610-690 (中心 600)	59
gelb	578 (Hg-Linie)	53.5
[grün]	546 (Hg-Linie)	44.4
blau	436 (Hg-Linie)	33.8

今赤と黄、黄と青に於ける有効度を比較すると

$$\frac{\phi_{660}}{\phi_{578}} = 1.13, \quad \frac{\phi_{578}}{\phi_{436}} = 1.55$$

而して

$$\frac{660 \lambda}{578 \lambda} = 1.14, \quad \frac{578 \lambda}{436 \lambda} = 1.32$$

即黄と赤では有効度は正しく波長に正比例してゐる。青と黄では少し高いが先づ近似値である。併し後者即青では葉緑素に依る吸収は

(158)

(古谷登) 生物に對する光の作用

70%にすぎないし、同化作用の小なるキサントフィルも亦吸収する爲に、こゝではエネルギー有効度が著しく低下する。従つてこれをも換算すると可視スペクトルムでは極大有効率と波長の間に正比例が存することになる。これは Warburg が臭化水素並に沃化水素の光分解で得たことと相當する。

併し1量子で炭酸一分子を還元出来ない。分解した分子數は得た量子の數に等しいといふ Einstein の光化學等量法則を直接に應用出来ない。即ち

$$N_0 h\nu \geq A$$

N_0 アボガロー恒數。 A 一瓦分子の分解に要する仕事で、こゝでは 11500 cal. $N h\nu$ は $\lambda=578$ とする時 49000 cal

故に上式は當はまらない。それで

$$n = \frac{Q}{h\nu}$$

(n 分解した分子の數, Q 吸収せる光エネルギー)

の代りに

$$n = k \cdot \frac{Q}{h\nu}$$

1 瓦分子に對しては

$$\frac{n}{N_0} = k \cdot \frac{Q}{N_0 h\nu}$$

第 四 表

波 長 λ	φ (mol/cal)		$N_0 h\nu$ (cal)	1/k fitr	
	Mittelwert	Höchstwert		Mittelwert von φ	Höchstwert von φ
660	5,25·10 ⁻⁶	5,67·10 ⁻⁶	43000	4,4	4,1
578	4,75·10 ⁻⁶	5,42·10 ⁻⁶	49200	4,3	3,8
496	3,04·10 ⁻⁶	3,26·10 ⁻⁶	65100	5,1	4,7

—(紹介)—

$1/k$ が炭酸一分子の還元に要する量子の數である。第四表では $1/k$ は 4 (實では 5 であるが上述の訂正を要す)。そこで 4 エネルギー量子が炭酸一分子の還元に作用するのであつて、4 個の葉綠素が引續き作用して炭酸が階段的に糖に還元されると考へられて居る。

昭和三年六月二十日

物理化学雑誌會

主 要 文 獻

- (1) Baly, Journ. Chem. Soc. London, 119, 1925 (1921);
Proc. Royal. Soc., 116, 197, 219, 219, (1927)
- (2) Baroni u. Jonescu-Mihaesti, C. r. 1910 et 1911
- (3) Benrath, A., Strahlentherapie, 7, 88, (1916)
- (4) Bering, Fr. u. H. Meyer, ebenda, 1, 411 (1911)
- (5) Bloch, B., Arch für Dermat., 124, 129. (1917)
- (6) Bovie, W.T., The Jour. of Med. Research, 39, 239 et 271, (1918); 38, 335, (1918)
- (7) Dreyer u. Hanssen, C. r., 145, 371 et 564, (1907)
- (8) Doerr u. Moldovan, W. kl. W., Nr. 16 (1911)
- (9) Emmerich, O., Chem. Ber., 34, 3811 (1901)
- (10) Engelmann, Pflüger Arch., 19, (1879); 30, 95, (1883)
- (11) Euler, H., Chemie der Enzyme, 1920, s, 197
- (12) Fujimaki, Y., Japan M. World, 6, 29, (1926); abstr. chem. abstr. 20, 2694, (1926)
- (13) Fischer, H., Ergeb. d. Physiol., 15, 791, (1916)
- (14) Hertel, Zts. f. Augenheilk., 26, 393, (1911); Zts. f. allg. Physiol., 4, 1,

(160)

(古谷登) 生物に對する光の作用

- (1904); 5, 95 et 535, (1905); 6, 44, (1907)
- (15) Hausmann, W., Grundzüge der Lichtbiologie u. Lichtpathologie, 1923;
Bioch Zts. 12, 331, (1903); 16, 294, (1909); 21, 51, (1909); Zts. Tuberk., 46,
32, (1926)
- (16) Hasselbalch, Bioch. Zts., 19, 435, (1909); Strahlentherap., 2, 401, (1913).
- (17) Haussler u. Vahle, Strahlentherap., 13, 61, (1921).
- (18) 井上古谷, 日本内科学會雜誌, 大正十三年
- (19) 入江榮一郎, 實驗消化器病學, 第三卷第三號, 昭和三年
- (20) Jansen, Zentbl. für Bakt. 41, 677, (1906)
- (21) Mayrhofer, Zts. f. Kinderheilk., 12, 361, (1916)
- (22) Meyerhof, O., Thermodynamik des Lebensprocess, 1926
- (23) Neuberg, K., Beziehungen des Lebens zum Licht, Berlin, 1913;
Bioch. Zts., 13, 17, 27, 29, 39, 44, 71; Berl. kl. W., Nr. 4, (1917).
- (24) Ostwald, W., Bioch. Zts., 10, 1, (1908).
- (25) Ohta, The Journ of Biochemistry, 4, 225,
- (26) Pincussen, L., Ergebn. der Physiol., s. 170. (1920)
- (27) Schanz, Fr., Pfüger Arch., 190, 311, (1921)
- (28) 杉野, 衛生學傳染病學雜誌, 第二一卷第二號, 大正十四年
- (29) Tappeiner, Ergeb., d. Physiol., 8, 698. (1909)
- (30) 辻, 日本微生物學會雜誌, 第二十一卷, 昭和二年
- (31) 臼杵, 實驗消化器病學, 第三卷第三號, 昭和三年
- (32) Zeller u. Jodlbaur, Bioch. Zts., 8, 84, (1908)
- (33) 柳田, 日本内科学會雜誌, 第十六卷第十二號, 昭和三年
- (34) Willstätter u. Stoll, Ber. deut. Chem. Gesell. 50, 1777 (1917).