論 說

光 と 寫 眞 乾 板 *

宮 田 道 雄

(京都帝國大學工學部)

The Action of Light on the Photographic Dry Plates.

By M. Miyata

(Kyoto Imperial University)

内 容 梗 概

光化學變化の起る場合に作用した光の量とそれによつて現はれる効果との間の一般的關係は今の所未だ充分に解決が出来て居ない、従つて寫眞乾板の如く其組織の複雑なものに就て上の關係を明かにする事は容易でない。然しながら寫眞術は實用上かなり

永い歴史を有て居るから好結果を得るには乾板に大體何程の光を作用させてよいかと云ふ事に就ては乾板の實用上充分な方式が出来て居る。此講演は上の方式の大體を述べたものである。

SYNOPSIS

The general relation between the amount of light and its effect on the photochemical change has not yet been quantitatively established.

Accordingly, it is very difficult to know the same relation exactly in the case of photographic dry plates which have very complicated composition. But, as the photography has a long history in its

practical side, it is now completely known how much exposure to be given to get a good negative in the practice. The outline of the relation between the amount of light and its effect for the photographic dry plates was discussed in the present lecture.

(1) 寫眞乾板 寫眞乾板は今から約50年前佛國及び英國の人々によつて創製せられたものであつて、ゼラチン即ち精製せられた膠と臭化銀との混合物を硝子板或はセルロイドの薄片に塗布せられたものである。

發明の動機竝に其後の改良は主として經驗が基礎となつて居つて其間に餘り理論的の根據を備へて居ない。

其製造の方法も大體は知れて居るけれども、詳細の點は各製造工場とも秘密にして居つて充分知られて居ない。一般に知られて居る様な方法では今日市場にある様な立派な乾板は到底造ることが出来ない。

唯化學分析、顯微鏡其他の手段によつて試験した結果から見ると乾板面積 1m^2 中に約 $10-15\text{g}$ の臭化銀及び其約3倍のゼラチンが塗布せられてある。

此臭化銀の内には約3—5%の沃化銀が混入せられてあるのが普通である。此臭化銀とゼラチンと

* 照明學會關西支部講演 (6月5日)

は決して均一に混合せられて居ないで、非常に細かい臭化銀の結晶がゼラチン層中に群をなして散在して居る。其單一結晶の大きさは乾板の種類によつて相違はあるけれども直径 $1/500$ mm を超えるものは稀である。細かいものになると $1/5000$ mm 以下のものもある。

其結晶は全部等軸系の 8 面體であつて盤狀をなすものが最も多い、其 1 つの例は第 1 圖に示す如きものである。此寫眞は英國製エクソップス乾板の顯微鏡寫眞であつて最初 2,000 倍の顯微鏡寫眞をとり次に之を 19,000 倍迄引伸ばしたものである。

寫眞乾板の中には此様な非常に細かい臭化銀の結晶がゼラチン膜中に種々の状態で密集して居つて其組織は非常に複雑したものである。

(2) 光の波長と寫眞効果 普通の目的から云ふと寫眞は吾々の眼に映る状態を繪とするのが主であるけれども、光の波長即ち色彩に對する眼の感じと寫眞乾板の其に對する感じとは大きな相違がある。眼は紫から赤に至る色彩を感じ其内でも緑の部分に感じが最も強い。但し光の強さに應じて色彩に對する感に多少の相違はある。第 2 圖の赤色曲線は視覺の色彩に對する感じを曲線としたものである。

乾板の方は眼に視ることの出來ぬ葦外線の内で比較的波長の長い部分及び紫青のみに感じ其内でも青の部分に感じが最も強い。普通の乾板は緑、黄、赤には殆ど感じが無い。第 2 圖視覺曲線の横に之を示した曲線が並べてある。此等兩者を比較すると其相違の大なるべきを知ることが出来る。斯の如く吾々の眼と乾板とは色彩に對する感じの程度に著しき相違があるから寫眞に現はれる各色彩に對する明るさの模様は眼で直接に見たものよりも餘程異つたものとなる。

例へば赤い紙に黒い文字のあるものを寫眞とすれば全面眞黒となり文字の形は多少現はれるとしても非常に不鮮明なものとなる。

物體の形狀を寫眞にとるのが主な目的である場合には上の様な乾板の性質も特別な場合以外には餘り障害とならぬ。但し色彩といふことが其物體の主要な部分をなして居る場合には之を寫眞とした場合に其物體に對する感じの大部分が失はれることとなる。例へば赤い花や緑の葉が黒味を帶びた寫眞となると寫眞としての價值が餘程少くなる。

斯の如き場合には特に長い波長の光に感度を高めた乾板が使用せられる。眼の感じに近付けるために特に緑に對して感度を増した乾板を整色乾板といひ、緑と橙色又は赤色とに感度を高めた乾板を全色乾板といふ。第 2 圖に示すものは其等の 1 例である。

斯の如く特に緑又は赤に對して乾板の感光を高めるには特殊な染料を用ひて乾板を染める。勿論自分で普通の乾板を染色して使用することも出来るけれども已に染色せられた乾板が市場に販賣せられて居る。

上の如く普通の乾板を染料で染めると色彩に對する其感度に何故變化が起るかといふ事に就て種々議論せられて居る。

一般に光によつて化學變化が起る場合には其光が其物質によつてよく吸収せられる場合に限るものとせられて居る。反對に之を云へば吸収せられぬ光は化學變化を起さないと稱せられる。之を光化學的吸収の法則と唱へられ、光による化學變化の基礎的の原則となつて居る。

所が上の乾板を染料で染めて緑又は赤に感度を高める場合に於て見ると普通の乾板中の臭化銀は

全然赤を吸収せぬにも拘らず、此赤を吸収する染料で染めると其臭化銀が赤によつて作用を受ける。即ち上の吸収の法則に従はぬ様に見受けられる。

故に議論の生ずるのは上の法則を以て如何に之を説明するかといふ點にある。一部の人の之に對する説明によると臭化銀と染料とが一種の化合物となり此化合物は染料と同じく赤を吸収するから赤に對する感度を生ずると云ふ。但し斯の如き化合物が果して出来るや否やといふことは適確な根據がない。所が近來の光の作用に關する觀念によると或分子が光を吸収すると其分子は光のエネルギーのために電子を放出する。

此分子はそのために分解を起す場合のあることは勿論であるけれども其他に斯の如く母體より逸出した電子は其附近にある分子即ち光を少しも吸収して居ない分子に衝突して其を分解せしむる場合もあると稱して居る。従つて上の乾板の場合でも臭化銀自身は必ずしも綠又は赤色光を吸収せずとも其を染めて居る染料が此等の光を吸収すれば其影響を受けて臭化銀に一種の變化を生ずることは容易に推定することが出来る。即ち上の吸収の法則を今少し廣義に解釋すればよいのでないかと考へられる。

(3) 光の量と寫眞効果 物質によつて吸収せられた光の量と其によつて化學變化を起す其物質の量との間に如何なる關係があるかといふことは光化學の主要な問題であるけれども現在では未だ充分に解決せられて居ない様に見受けられる。

此問題に觸れた最初の説は Bunsen 及び Roscol の出したものである。それによると光の作用によつて起る化學變化は其光の光度と其作用した時間の積のみによつて定まるといふ。例へば1燭で10分間作用して出來た變化の量と10燭で1分間作用して出來た量とは同じであると稱せられる。之を光化學の逆比例の法則と稱へられる。

次で Van't Hoff の説によると或物質に吸収せられた光の量とそれによつて化學變化を起す物質の量とは常に比例するものと稱せられる。例へば2倍の光が吸収せられると2倍の化學變化が起るといふ。

更に Einstein は或物質に n 個の光量子が吸収せられると n 個の分子が化學變化を起すといふことを唱へた。之を光化學的當量の法則といふ。

此法則には光の作用によつて化學變化を起す物質の本態種類といふことは全然入つて居ない。即ち如何なる物質でも同一量の光で同一量の變化を起すこととなつて居る。

種々の光による化學變化に就て試験せられた結果によると此法則に従はぬものが澤山發見せられて居る。但し多くの光化學變化に於ては光の吸収によつて起る純粹の光化學變化に伴つて他の普通の化學變化が誘發せられる場合がある。故に一部の人は上の法則に従はぬものはかゝる數種の化學變化の總計から判斷するためであつて、純粹の光化學變化は上の法則が精確に適用出来るものと考えられて居る。

光の量と光化學變化の量との關係を求めるには此點が最も重要な點であつて純粹な光化學變化が摘出せられない以上此問題の解決は容易でない。

殊に光化學變化を受ける物質に他物が混入して居ると其影響も亦非常に大きなものがあるから此

問題の解決を益困難ならしめる。

上に述べ來た事柄を寫真乾板に適用して見ると次の如くなる。

寫真乾板は最初に述べた如くゼラチン膜中に臭化銀の細かい結晶が種々の状態で密集して居る。従つて一種の純粹化合物とは全く其類を異にして居る。

先づ此内の臭化銀の單一結晶のみを抽出して之に對する光の作用を求めて見ると此場合光の作用は結晶面に均一に起らないで其内の特殊な點のみに變化が起る。第 3 圖は之の状態を限外顯微鏡で寫真としたものである。

之によると臭化銀の單一結晶に就て已に全體一樣のものとは考へ得ない。其内には已に他物が混入して其ために一部に光の作用により受ける部分があるものと解せられる。

斯の如き臭化銀の結晶が種々の密度を以てゼラチン中に配布せられてあるのであるから之に對する光の作用は非常に複雑したものに相違ない。殊に寫真をとるには先づカメラで撮影したものを後に化學的に現像して始めて原板が出来る。即ち寫真効果が現はれる。

此現像をする前の乾板面には光の作用によつて一種の變化が起つて居るに相違ないけれども此變化が如何なる性質のものであるかと云ふことは現在議論の最中であつて未だ充分に決定して居ない。従つて其量を測定する等といふことは全く不可能である。

従つて寫真乾板の場合は光の作用と後の化學的現像の作用と 2 段の變化を受けた結果出來た原板の濃度を測定して一足飛びに光の量と寫真効果との關係を求めねばならぬことゝなつて居る。

此 2 つの間の關係は上に述べた様な事情のために非常に複雑したものであつて簡単な算式を見出すことは容易でない。

英國の Hurter 及び Driffell の 2 人は之を算出する式を公にしたことがあつて一時は此問題が

解決したかの如く考へられた時代もあつたけれども其後此式では充分でないことが發見せられ現今では未だ適當な關係が發見せられて居ない。

(4) 寫眞に現はれる階調 寫眞は元來物體の有する形狀及び其各部が示す明さの變化を原板面に寫し取り後に之を印畫紙に焼込むのが主たる目的であるけれども物體の形狀の方はレンズが像を作るのであつて乾板は直接に之に關係がない。

乾板としては物體の各部が示す明さの變化を寫し取るのが主たる役目である。従つて明さに應じて原板の各部に現はれる個々單一の濃度のみでは何等の意義を有たない。物體の各部の明るさに應じて原板に現はれる種々の濃度の綜合的變化即ち階調が眞の目的物である。

正しき寫眞を作るには是非とも乾板に作用した光の量に比例して原板の濃度が變化することが必要である。

所が乾板に就て實地に光の量とそれによつて現はれる濃度との關係を測定して見ると正確に直線的でない。故に前に述べた Van't Hoff の光化學の法則は少くも乾板には正確に適用出來ない。但し之は他の多くの場合に就て見ても同様であつて或力をかけた場合に其効果が直線的でない場合は澤山ある様に思はれる。即ち乾板に限る特性とは考へ得ない。

今乾板に作用した光の量とそれによつて現はれる原板の濃度との關係の1例を曲線を以て示すと第4圖に示す如くである。此曲線は横軸に光量を對數としたものを同一距離にキザミ縦軸に原板の濃度を取つて兩者の關係を圖示したものである。

第 4 圖

此例の示す如く、兩者の間に大體直線的の關係を示すのは單一光量の中庸の部分のみであつて光量の非常に多い部分及び少い部分は直線的でない。従つて明さの變化即ち階調の正しき寫眞を作るには此曲線の中央の部分だけしか利用出來ない事となる。

此曲線は乾板の種類に應じて其形狀及び位置が異なる。故に此曲線は乾板の特性曲線と稱せられ

る。而して直線部の範圍の廣い乾板程上等の乾板であり又曲線の位置が縦軸に近いもの程感光度の高い乾板である。

此曲線の傾斜角は階調の程度を示す。角度の大なるものは繪のコントラスト大なることを示し角度の小なるものは繪の平淡なることを示す。

此の角度は乾板を現像する時間と共に増加する。第 4 圖の下方のものは現像初期に現はれる角度を示す。但し乾板の種類に應じて其最大角度は常に一定して居る。此最大角度が其乾板の示すコントラストの目標となる。光量と原板濃度との關係は單一の場合に就て已に算出することの不可能なることは上に述べた通であるから光の量と此特性曲線との關係を數字的に求めることの不可能なることは勿論である。單に實驗的に之を求め得るのである。

以上光と寫真乾板との關係の大體を述べた。最後に乾板の實用上から以上述べたことを撮影の時の露出時間を決定する上に適用して見ると、露出時間は勿論物體の狀況及びレンズの明るさに應じて定む可きものであるけれども、假に之等を全部一定として單に乾板のみの立場から云ふと第 1 に原板として出來上つた時に印畫紙に焼込むことの出来るだけの濃度が必要であり、第 2 に原板の階調正しきものでなければならぬ。露出時間は此 2 つの要求を目標として定められることとなる。

乾板の性質の内で此等の基準となるものは Hurter 及び Driffell の考案にかゝる H D ナンバーと稱するものである。即ち第 4 圖に於て特性曲線の直線部を延長するものが横軸と交はる點の光量 i が此基準となる。此値が小さい程露出時間を短縮することが出来る。即ち i の値と感光度とは逆比例し使用上不便であるから此 i の逆數をとる。此逆數は小數以下となり番號として不便なる故之に 34 と云ふ數字を乘じ 4 捨 5 入して H D ナンバーとする。

實際の露出時間は他の條件と組合せて決定す可きものであるけれども此 D H 番號は少くも乾板のみの立場から露出時間決定の基準として使用せられる。

以上を更にまとめて云ふと、光と寫真乾板との關係は乾板の實用上には差支なき程度に研究が出來て居るけれども理論的には今尙不明な點が澤山殘されて居る。(終)

第 1 圖

第 3 圖