

フィルムを用いた散乱X線線量比の測定について*

On the Measurement of the Scattered X-ray Dose Ratio with Film

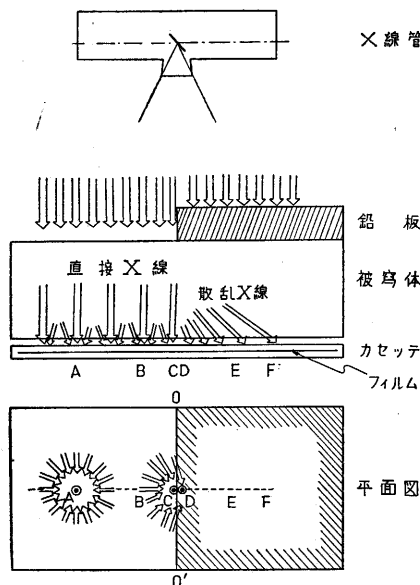
片岡 邦 郎・高 正 植・一 色 貞 文

ラジオグラフィ (X線透過写真撮影法) において、直接X線が被写体を透過する際発生する散乱X線は、透過写真の欠陥像の鮮明さをそこなう有力な原因であって、その排除のため、撮影条件 (被写体の材質、厚さ、X線管電圧、照射野面積、カセットなど) が被写体散乱線の発生にあたる影響、および散乱線が欠陥像形成に及ぼす作用について、多くのデータによる十分な把握が必要とされる。

そこで被写体散乱線の発生状態を定量的に比較するため、再生係数^{B)}(被写体を通過したのち、測定器に入射する全X線量 E_T と直接X線量 E_d との比、 $B=E_T/E_d$)あるいは散乱線量比^{K)}(被写体を通過したのち、測定器に入射する散乱X線量 E_s と E_d との比、 $K=E_s/E_d$)でこれを表示している。

しかし、これらの測定の多くは、電離槽などの計器によるものであるから、その結果をラジオグラフィに利用するには、フィルムによる散乱X線量の定量結果と比較対照することが必要であり、とくに散乱線と欠陥像の関係の研究はどうしても、フィルムによらねばならない。そこでフィルムを用いた散乱X線線量比の実用的な測定法^{A)}を研究する目的で、次の実験を行なった。

いま第1図に示すように、被写体の半分を鉛厚板でお



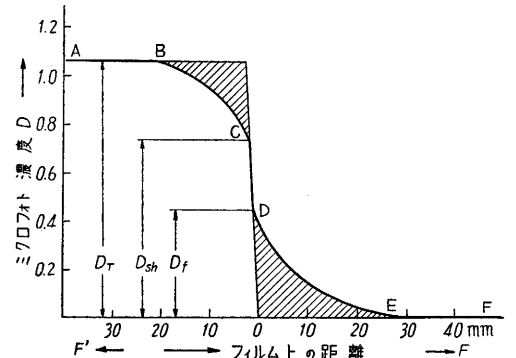
第1図 測定法説明図

おい、直接X線を完全に遮断し、フィルムの露出部 (被写体のみでおおわれている部分) に任意濃度となるX線露出を与える。露出フィルムについて露出部と鉛板遮蔽部との境界線 $\overline{OO'}$ に直角な方向

\overline{AF} に沿ってマイクロフォトメータにより濃度変化を測定し、これから計算により濃度曲線 \overline{ABCDEF} を求める (第2図)。

ここでフィルムの露出部内の一点A (第1図) において一定微小面積内に露出時間中に入射する全透過X線量 E_T は、対陰極からの直接X線量 E_d と周囲の被写体からの散乱X線量 E_s の和にひとしい。それゆえ、 $E_T=E_d+E_s$ で第2図において濃度 D_T を与える。

つぎに \overline{BC} 上においては、同じ大きさの微小面積に



第2図 フィルム濃度曲線

同じ時間に入射する全X線量のうち、直接X線量 E_d はAと同じであるが、散乱X線量 e_s は遮蔽部分から散乱X線がこないで、 E_s より小さく、境界線 $\overline{OO'}$ に接近するにつれて減少し、 $\overline{OO'}$ に密接した点Cでは、 $e_s=1/2E_s$ となり、C点に入射する全X線量を E_{sh} とすると、

$$E_{sh}=E_d+e_s=E_d+1/2E_s \text{ となり、濃度 } D_{sh} \text{ を与える。}$$

また $\overline{OO'}$ を越え、遮蔽部内で $\overline{OO'}$ と密接している点Dでは、直接X線は遮断され、露出部からの散乱X線 $e_s=1/2E_s$ のみ到達するので、全X線量を E_f とすると、

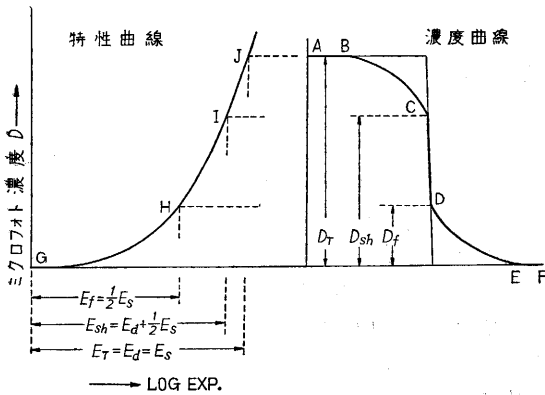
$$E_f=e_s=1/2E_s \text{ で濃度 } D_f \text{ を与える**。}$$

さらに遮蔽部の内部に入れば、散乱線も次第に減少し、ついにはゼロとなり、フィルム濃度でも現像カブリ濃度のみとなる。

いま、上の場合と同一の撮影条件 (材質、厚さ、管電圧、フィルム) で作られた特性曲線 \overline{GHIJ} (マイクロフォト濃度 vs. LOG. X線露出量) とこの濃度曲線を対照させると (第3図)、濃度 D_T, D_{sh}, D_f を生ずるに必要なX線量 E_T, E_{sh}, E_f が求められ、前述の関係式から、散乱X線線量比 $K=E_s/E_d$ が計算される。

** ここで E_T は E_{total} 、 E_d は E_{direct} 、 E_s は $E_{scatter}$ 、C点における E_{sh} は濃度曲線の形から $E_{shoulder}$ 、点Dの E_f は E_{foot} を意味している。

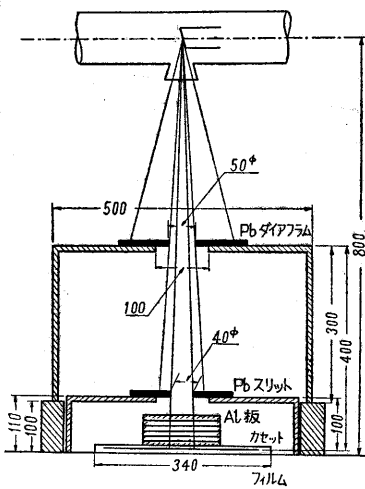
* 非破壊検査協会昭和36年度春期大会に発表



第 3 図 線量比の計算法

ただし、ここで、(1)直接X線と前方散乱X線の線質は実用的には同じと見なす。 (2)特性曲線作成に用いられたX線は細いビームにしぼられているので、直接X線のみよりなると仮定している。

実験装置は、第 4 図に示すとおりで、X線装置に STO 160、被写体として、10~60mm の AL 板、X線フィルムにフジ # 80 Direct、管電圧 100~140 KVP、管電流 4 mA を用いた。図で鉛ダイアフラムでしぼられたX線は



第 4 図 実験装置図

厚さ15mmの遮蔽用鉛板にあげられた直径40mmのスリット孔を通して被写体に入射する。その結果、太陽状の円い露出黒化部分と太陽の周囲が散乱線によってコロナ状にうすく黒くなっている遮蔽透明部分とより

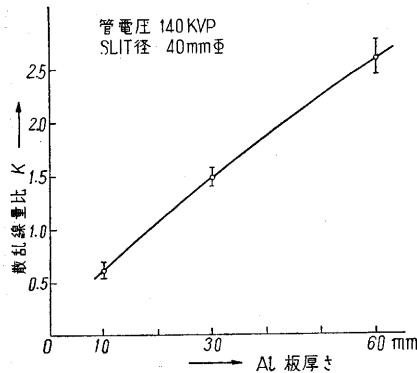
成るX線透過写真がえられる。

いま、ほぼ一定濃度（マイクロフォト濃度で1.15）となるような露出を与えたフィルムについて、黒円部分の中心を通り、管球軸に平行にマイクロフォトにかけ、その対陰極側の露出部と遮蔽部の境界部分の濃度変化を測定すれば、第 2 図と同様な濃度曲線がえられ、これから前述の方法により散乱線量比 K が計算される***。

その結果を示すと、管電圧、照射野面積を一定にして AL 板の厚さをかえたときは、厚さの増大にもない、

K は著しく増大しており（第 5 図）、従来認められているように、被写体が厚くなるほど、同じ濃度のフィルムでも黒化に寄与している散乱X線の割合が大きくなることを示している。

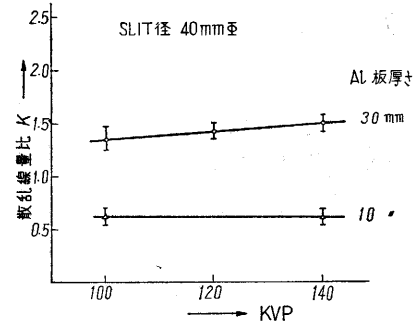
つぎに照射野面積と被写体厚さを一定とし、管電圧をかえて、前と同じ濃度の透過写真を撮った。 K は電圧により大して変化せず（第 6 図）、線質の違いによる影響は余りないようである。これは測定電圧範囲が狭かったためもあると思われる。



第 5 図 被写体厚さによる K の変化

量が増加してある一定値に漸近することを示している。

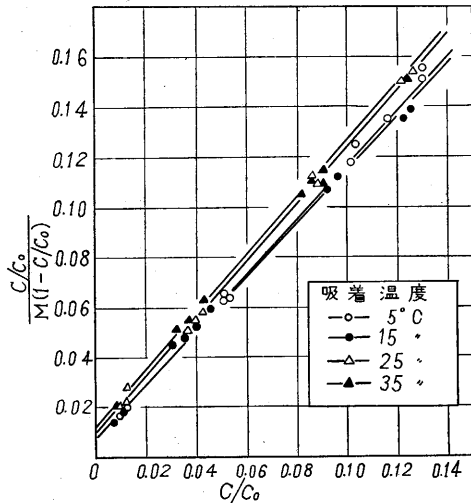
つぎに多くのフィルムについて、露出部の濃度 D_T を一定に揃えることは困難だが、このように線量比による表示とすれば、その値は濃度を一定にしなくても、第 8 図に示すように、やや数値のばらつきは大きい、一定値として求められている。実験誤差が大きいのは、1枚



第 6 図 X線管電圧による K の変化

のフィルムに未知濃度と標準濃度（ここでは特性曲線）を入れる厳密な意味での線量比較法を用いていないためと思われる。

*** この実験では、円形スリットを用いているので、点C, Dで $e_s = 1/2 E_s$ とならず、 $e_s < E_s - e_s$ である。ここで e_s は点C, Dへ露出部から集まる散乱X線量、また $E_s - e_s$ は遮蔽のため、C, Dへ集まらない遮蔽部からの散乱X線量である。たとえば、140 kV, AL板厚 30 mm, スリット径 40 mm φ のとき、 $(E_s - e_s)/e_s = 1.1$ であった。 K を求めるのは、 $K = (E_T - E_{sh}) + E_f / (E_{sh} - E_f)$ として行なった。



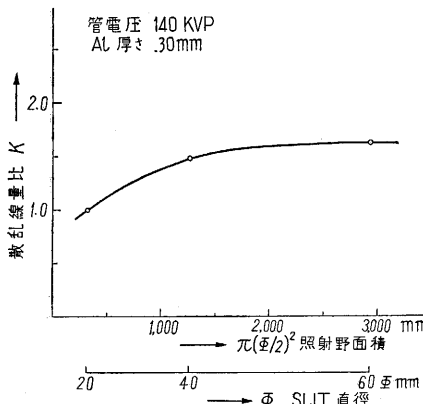
第5図 Br₂-KBr 溶液吸着における BET プロット, KBr: Br₂=13.5: 9 (g/l)

きるように見うけられる。第1表に M_m , K , および吸着熱 E_1 の値を示す (ただし臭素の水に対する溶解熱は無限稀釈の場合 1.2 Kcal/mol とした)。

もちろん (4) 式は比濃度 0.14 以下の実験範囲において、また常温付近の温度変化に対し成立しているのであるが、このようにして得られる単分子吸着量 M_m の数値から、気体の場合同様、臭素分子1個の占める面積が判っていれば試料の表面積を算出することができる。また第1層の吸着熱 E_1 の値から表面の性質を検討することもできる。

ただ気体の場合と異なり溶媒としての水が存在するため厄介な問題もある。前記のように、Br₂ の加水分解に

(21ページよりつづく)



第7図 照射野面積による K の変化

の試験では、床からの散乱X線を防ぐため、AL製のカセットを用いたので、Kにはカセットによる散乱線の影響も含まれており、真の被写体のみによる散乱線量比を求めるにはカセットの影響を差し引かねばならない。これについては、検討を行っているので、別に報告したい。(1961年5月31日受理)

の実験では、床からの散乱X線を防ぐため、AL製のカセットを用いたので、Kにはカセットによる散乱線の影響も含まれており、真の被写体のみによる散乱線量比を求めるにはカセットの影響を差し引かねばならない。これについては、検討を行っているので、別に報告したい。(1961年5月31日受理)

より HBr と HBrO が生成し、その HBrO も分解して HBr になるというような還元機構を考えると、HBrO の分解の際活性炭が酸化をうけ表面に親水ラジカルができると考えられる。そうすると溶媒である水の吸着性が強くなり遊離臭素の吸着量は影響をうけるので、表面積値が変わってくるということも起こりうる。第3図においても吸着量が吸着時間の長いほど吸着平衡曲線より若干下にくる傾向は見られる。しかし実験範囲の吸着時間では同一曲線といってもよく、BET プロットも同一の直線とみてよく、 M_m および E_1 も変わらない。

3. むすび

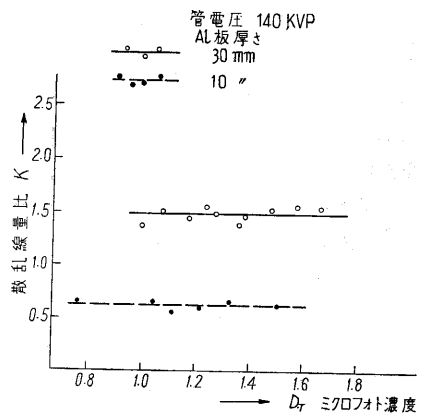
以上の結果から次のような結論が得られる。(1) 活性炭による Br₂ 吸着の平衡関係は BET 式、(4) 式で表わされる。(2) 活性炭により遊離臭素が相当量イオンに還元される。(3) 吸着量、還元量はともに共存する HBr の濃度により影響をうける。(4) イオンへの還元量は温度、接触時間によって著しく影響される。(5) その場合の機構は (1), (3) 式によると考えられる。

なお今後解すべき問題として、イオンへの還元速度の律速段階、その吸着平衡におよぼす影響などがある。また液相吸着法による表面積測定は、溶媒の影響をうけるので限られた場合にしか使用できないものであるが、測定が非常に簡単であるのでもっと採り上げられてよい方法であろう。

(1961年6月14日受理)

文 献

- 1) Kolthoff, I. M.; Rec. trav. Chem., 48, 291 (1929)
- 2) Watson & Parkinson; I. E. C., 47, 1053 (1955)
- 3) 水島正路; 生産研究, 第12巻, 9号 (1960)
- 4) Brunauer, Emmett & Teller; J. A. C. S., 60, 309 (1938)



第8図 K とフィルム濃度の関係

- 文献
- 1) Radiation Shielding: Price, B. T., Spinney, K. T. (1957)
 - 2) 富士岳: 非破壊検査 9-5 (1960) P. 231. 仙田富男ほか: 第3回非破壊試験国際会議. Session II-1, Keynote Paper 21 Appendix 1-2 (1955) 66
 - 3) Elliot, J. O., Farrar, R. T., Phys. Rev., 85, 1048 (1952)