

氏名	中 井 洋 太 なか い よう た
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 44 号
学位授与の日付	昭 和 38 年 9 月 17 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	<b>Distribution of Electron Energy Dissipation in Matter</b> (物質中での電子のエネルギー散逸量分布)
論文調査委員	(主 査) 教 授 四 手 井 綱 彦 教 授 内 田 洋 一 教 授 清 水 栄

### 論 文 内 容 の 要 旨

物質中での電子エネルギー散逸の空間分布をすることは、高エネルギー電子線の物理的および化学的効果を研究する分野では基本的な問題である。この問題は従来多く理論的に取り扱われているが、最近 L.V. Spencer がはじめて完全な解答をあたえた。また Spencer はその結果をつかって、広い電子エネルギー範囲と種々の物質についてのエネルギー散逸量を数値計算し、その表は多くの目的につかわれている。しかし、この理論の実験的検証はきわめて不十分である。

この論文は、電子線源としてバンデグラフ型加速器による 1 MeV から 2 MeV の間の電子線をつかい、Be, Al, Cu, Ag および Pb 等原子番号について広い範囲の物質をえらんで、Spencer 理論の実験的検証を行なったものである。

電子線エネルギー散逸量の測定には、測定試料を半無限媒質の状態であらうように工夫した平行平面型空孔電離箱をつかった。この電離箱の電極間隔は 1mm 程度であり、試料からの低エネルギーデルタ電子のため Bragg-Gray の原理が成立しないおそれがある。この点をまず検討して、空孔での電子エネルギー散逸は、媒質のそれと等価であり、この装置が十分使用し得ることを結論している。またこの電離箱の集イオン効果を実験的に検討して、空孔中にできるイオンが完全に電極に集まる条件を求めた。

つぎに、実測した電離電流から試料中でのエネルギー散逸を求めるには、空孔の厚さを正確に求めることが必要である。しかし、この場合それを正確に求めるのは困難である。これをさけるため、つぎの方法を考えて、試料の深さ  $x$  でのエネルギー散逸量  $J(x)$  を求めた。電子線のエネルギー  $E_0$ 、後方散逸のエネルギーを  $E_{\text{back}}$  とすると、次の関係が成立する。

$$E_0 = \int_0^{\infty} J(x) dx + E_{\text{back}}$$

$J(x)$  はイオン電流  $I(x)$  に比例し、その比例常数は  $x$  に対して常数である。この点に着目して、理論的に  $E_{\text{back}}$  を求め、実測した  $I(x)$  の無限媒質における積分値をつかって、比例常数を定め、 $J(x)$  を求

める方法を採用した。

以上のほか、測定方法についても精密な検討を加えた後、各試料について測定を実施して次の結果を得た。

- 1) ベリリウム この場合は Spencer の理論値が与えられていないので、Al( $Z=13$ ), C( $Z=6$ ) の数値と比較した結果、原子番号の低い試料については、理論値と実験値の間に大きい不一致があると推論した。また、実験的に求めた外挿飛程が Bethe の式から求めた真飛程より大きいという矛盾を生ずる。この事実から、Spencer の理論では Bethe の式をつかって電子の Straggling を無視していることに理論と実験との不一致の原因があると結論した。
- 2) アルミニウム この場合、使用した電子エネルギーの範囲では、実測値と理論値とは一般に良好な一致を示す。ただ、試料が薄い場合には実験値がより低く、厚い場合には理論値が低くなる。前者は理論でデルタ線は無視していることに原因があり、後者は電子の Straggling が原因である。またこの試料では、Spencer の与えた電子エネルギーについての内挿法がよく成立することが見られた。
- 3) 銅 この場合線源の各エネルギーに対してその透過層の $1/3$ の深さまでは実測値が理論値より低く、より深い吸収層では理論値が低くなる。この傾向は、電子の Straggling から予想されることである。
- 4) 銀 この場合は Spencer の理論値が与えられていないので、Sb( $Z=50$ ) と Cu( $Z=29$ ) の数値をつかって、Spencer の原子番号に対する内挿法をためした。その結果、この内挿法はさらに改良すべきであるとの結論を得た。
- 5) 鉛 この場合、1 Mev の電子エネルギーでは理論値と実測値とは良好な一致を示すが、2 Mev 以上では一致しない。この不一致も電子の Straggling に原因する。

以上の結果を総合すると、Spencer の理論値は概ね実測値と一致し、電子透過の基礎理論として有用である。ただ次の諸問題を考慮する必要があると結論する。

- (6) 一次電子と二次電子との平衡が成立していない電子線の入射点近くでは実測値が理論値より低くなる。これは Spencer 理論で二次電子の効果を無視していることに原因がある。
- (2) すべての透過曲線の末端部で、実測値が理論値より高くなる。この事実は、Spencer 理論で電子の連続的減速を仮定して Straggling を無視していることに原因がある。
- (3) 線源のエネルギーおよび試料の原子番号について Spencer の与えた内挿法は一般に良好な結果を与えない。線源エネルギーについての内挿法は内挿パラメーターを、原子番号については内挿関数を改める必要がある。

参考論文その1およびその3では、ポリ塩化ビニールの放射線着色を利用して、線量測定法を開発し、その2では放射線照射によるセルローズのグラフト重合の活性中心を検討している。その4、その5、その6は主論文の前提となる研究であり、その4では電子照射における LET 分布を求めるため、低エネルギー領域における電子スペクトルを求め、その5では二、三の物質の電子線透過曲線を、その6ではフェラデーチェンバーをつかった電子線電流密度の測定法を検討している。その7、その8は放射線熱発光に関する研究で、その7では  $\beta$  Propiolactone の放射線重合と熱発光との関連性を調べ、その8では Polystyrene の熱発光に固溶した p-Terphenyl が著しい増感作用をもつことを見出した。

## 論文審査の結果の要旨

高エネルギー電子線の物理的、化学的および生物的效果の研究では、吸収物質中での電子エネルギー散逸量の空間分布を知ることが最も基本的で重要な問題である。この問題は従来多くの研究者が理論的に取り扱っている。そのうち最近に発表された L. V. Spencer の理論はもっとも完全な解答と考えられ、多くの目的につかわれている。しかし、この理論の実験的検証は KeV のエネルギー領域でアルミニウムを試料としてなされているのみで、さらに更に広いエネルギー領域と各種の物質について検証を行なう必要がある。著者はこの点に着目して、線源としてバンデグラフ型加速器による 1 MeV から 2 MeV までの電子線を採用し、試料物質として Be, Al, Cu, Ag および Pb をとり、広い原子番号をもつ物質について、信頼すべき測定を行なった。

この種の研究では測定精度に信頼性があることが必要である。この論文では、電子線の吸収エネルギー測定に平行平面型空孔電離箱を採用し、その測定精度に綿密な検討を加え、また独特の改良工夫を行なっている。測定結果は、各種試料における実測値として、今後の利用にたえ得る基礎的資料と見ることが出来る。

また、目的とする Spencer 理論の検証について、次の諸点をあげてこの理論の成立範囲を明かにし、今後改良すべき方向を示した。すなわち、

1. 電子線の入射点にちかく、一次電子と二次電子の平衡が成立していない領域では、理論値は実測値より高い。これは理論で無視された二次電子の効果による。
2. すべてのエネルギー散逸曲線でその末端部は理論値が実測値より低い。これは理論計算に Bethe の連続減速の式をつかっていることに原因があり、電子の Straggling を入れて考える必要がある。
3. 電子線エネルギーおよび試料の原子番号について Spencer の与えた内挿法は一般に精度が良好でない。電子線エネルギーについての内挿法では内挿パラメーターを、原子番号についての内挿法では内挿関数を改めることが必要である。

参考論文は放射線の測定または放射線の物理化学的作用機構の解明に関する研究であり、放射線物理学の分野における重要な資料である。

要するに、中井洋太は放射線物理学の分野における重要な課題を解決して、この研究分野の発展に寄与貢献したのであって、放射線物理学についての豊富な知識とすぐれた研究能力とをもっていることが認められる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値があるものと認める。