

Measurements of Depth Dose Distribution for 18MeV
Electron Beams in Water

S.Sawamura, N.Ohta, M.Kitaichi, H.Tanida, K.Sato and M.Katayama

Department of Atomic Science and Nuclear Engineering,
Faculty of Engineering, Hokkaido University,
Kita 13, nishi 8, Sapporo, Japan

ABSTRACT

A pulse radiolytic method to observe an aqueous electron were applied to measure the depth dose distribution in water. The ordinal pulse radiolysis instruments were slightly modified to obtain the dose distribution. He-Ne Laser was used as analyzing light to improve the spatial resolution. This method has advantages that time resolution is high enough to detect pulsed radiations as those from LINAC, that the dose distribution to be measured may not be distorted because only the analyzing light pass through the water.

18MeV電子ビームによる水溶液中の吸収線量分布測定

1. はじめに

電子線型加速器からの放射線による被曝線量測定・評価を目的として、水溶液中の吸収線量の深度分布を測定する体系を開発している。電子線型加速器からの放射線はパルス状の放射線であり、アイソトープからのβ線のエネルギーに比較して、人体内部にまで進入し得る程に高エネルギーである。新放射線防護体系においては、放射線の線質係数、人体各組織の吸収線量及び各組織の荷重係数等から求められる実効線量当量、組織線量当量を用いて防護が実施される。人体各組織の吸収線量を実際に測定することは困難なため、種々の代替量がICRUによって提案されている。それらは、組織等価物質中における吸収線量分布の計算、測定の依っている。筆者らは、水溶液を軟組織等価物質として用い、線型電子加速器からの高エネルギー電子線に照射された水溶液中の吸収線量深度分布を、放射線化学の分野における実験手法であるパルスラジオリシス法を用いて測定する体系を開発している。これまでに、北大4MeVライナック用の測定体系の試作を了えた。ここでは、北大45MeVライナック施設を用いた18MeV電子ビーム用測定体系の開発とその特性試験結果について報告する。

2. 測定方法と実験体系

被照射水溶液中における水和電子やOHラジカル等の初期生成物の収量は吸収線量と放射線化学的収率（G値）によって決まる。パルスラジオリシス法によりこれら初期生成物の収量を測定することができる。従って、G値が既知の初期生成物の収量を測定することにより吸収線量を求めることができる。吸収線量が空間的に分布する場合には、その空間分布に対応した初期生成物の分布ができる。この初期生成物の空間分布を測定することにより、吸収線量の空間分布を求めることができる。パルスラジオリシス装置の時間分解能は、現在、ピコ秒領域にまで達している装置もある。従って、本方法による線量測定は、線型加速器からのパルス状放射線に対して、バースト当たりの吸収線量を測定するのに十分な時間分解能を有している。また、本方法では、線量分布を測定するために試料水溶液中に検出器を挿入する必要がなく、それ故、検出器により空間分布を歪ませる恐れがない利点を有する。

図1に試作した測定体系を示す。電子線源としては北大45MeV-LINACをクライストロン2代台による2段加速運転モードで使用した。パルス幅は $0.5 \mu\text{sec}$ である。この体系は1次元（入射電子線の進行方向）の分布即ち、深度分布を測定する体系である。この体系では、角型溶融石英セル（ $40 \times 10 \times 100\text{mm}$ ）をパルスステージで移動させ、分析光のセル内での位置が相対的にシフトするようになっている。深度分布を測定するためには平行度が高く、径の小さい光束を分析光として用いることが要求される。本体系においては、He-Neレーザー光を $100 \mu\text{m}$ のピンホールを通して得た光束を分析光として使用した。パルスステージの移動量は、1パルス当たり $1 \mu\text{m}$ である。試料は3回蒸留水を用いて調製された。照射直前、水溶液中の酸素を除くため、約20分間、Arガスでバブリングされた。

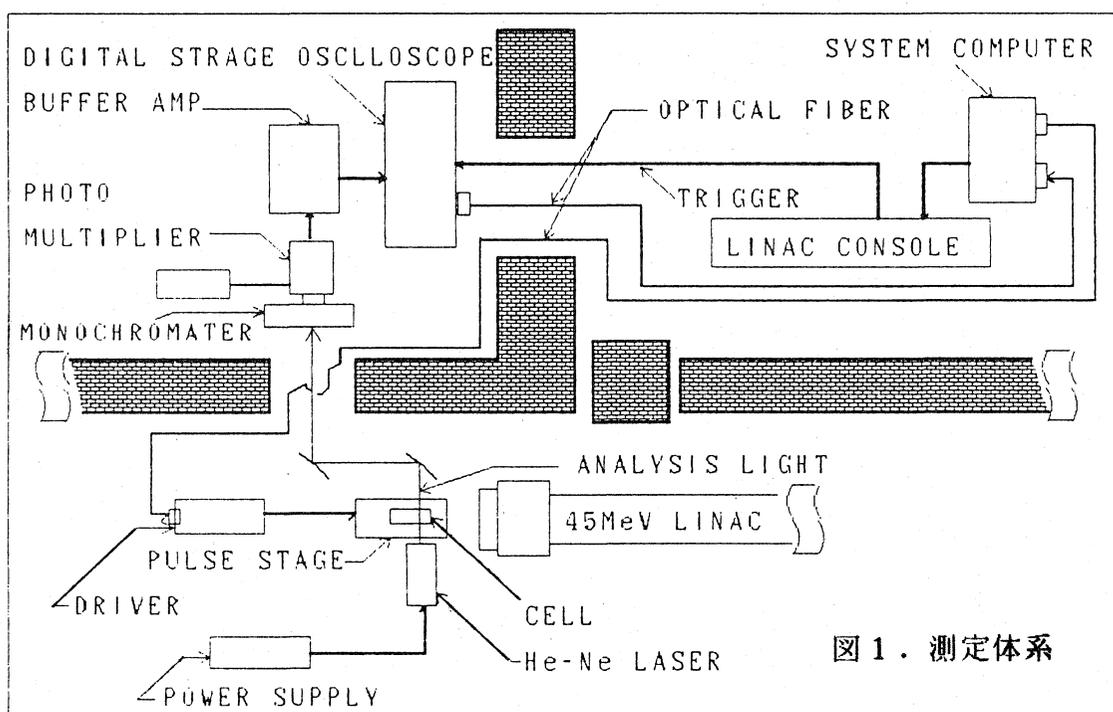


図1. 測定体系

3. 実験結果と考察

図2に0.1M NaOH水溶液中で得られた吸収線量深度分布の測定結果を示す。測定結果には深度分布曲線に特有な線量のビルドアップと立ち下り部分がみられる。実効飛程 (R_p) から求められた電子ビームのエネルギーは

$$R_p \times \rho \left(\frac{Z}{M_A} \right)_{eff} = 0.285E_0 - 0.137$$

より、約14 MeVと見積もられる。単一エネルギー、ブロードビームの平行入射に対するTabata等のアルゴリズムを用いたエネルギー付与の計算結果との比較は、測定結果のより妥当な説明のためにはエネルギースペクトルや角度分布を考慮した計算が必要であることを示した。図3は種々の濃度の水溶液中において測定された深度分布である。NaOHの濃度の変化が水溶液の密度、実効原子番号、実効原子量を変化させるために深度分布に変化が生ずる。0.1M溶液と12M溶液での $\rho (Z/M_A)_{eff}$ の変化は約30%程度である。従って、本体系は実効原子番号等の僅かな変化による深度分布の変化を測定し得ることがわかった。水溶液中に個体物質を層状に入れ、水溶液との境界近傍における深度分布曲線の変化の測定を試みている。図4にその1例を示す。図2の試料に、2.6 mm厚の銅片を深さ40 mmの位置に挿入した時の深度分布である。データにばらつきがあり、定かではないが、深度分布に若干の差がみられる。今後、挿入物質や位置等を変えて境界近傍での変化を測定する計画である。

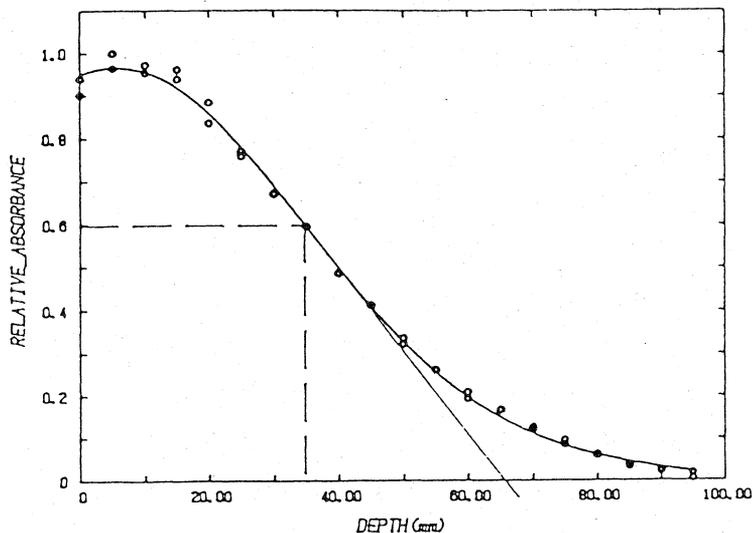


図2. 0.1M NaOH水溶液

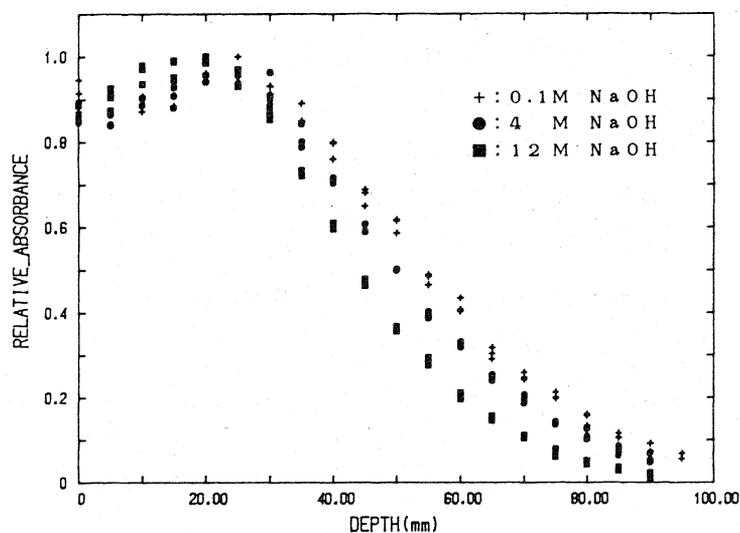


図3. 種々の濃度における深度分布

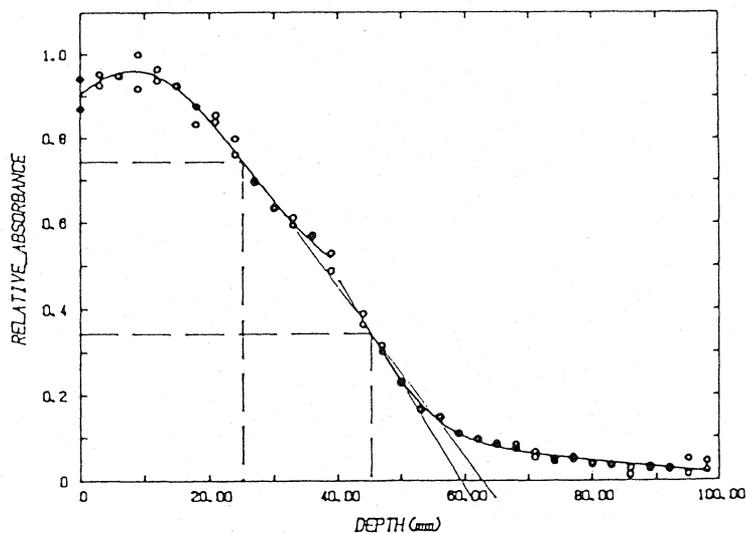


図4. 0.1M NaOH水溶液 Cu層あり