

Pulse Radiolytic Measurements of
Depth Dose Distribution in High Energy Electron Beams

N.Ohta S.Sawamura M.Kitaiti M.Katayama

Laboratory of 45MeV LINAC. Hokkaido University.
Sapporo 060. Japan

ABSTRACT

Depth dose distributions of aqueous systems in high energy electron beams are measured by using pulse radiolysis method. A detection system for measuring depth dose distribution is developed, which is based on the spatial resolving type of pulse radiolytic equipment by using a laser beam and a pulse stage. The dependence of absorbed dose on density, effective atomic number, effective atomic weight is measured. Experimental results are compared with the calculation for energy deposition distribution by using the algorithm of TABATA et al.

パルスラジオリシス法を用いた高エネルギー電子線に基づく吸収線量深度分布測定

太田信之 沢村貞史 北市雅敏 片山明石

1 はじめに

電離放射線が人体及び物質に与える影響を研究する中で、その障害の評価に、現在では実効線量当量と言う概念が用いられている。この値を推定する方法の一つとして、人体組織等価物質における吸収線量の深度分布を測定することがあげられる。

本研究では、人体組織のうちの軟組織と等価な物質として水溶液を用い、LINACから照射された電子ビームによる吸収線量の深度分布を、パルスラジオリシス法により測定した。そして照射物質である水溶液の濃度を変えることにより、その密度 ρ 、実効原子番号 Z_{eff} 、実効原子量 A_{eff} を変化させ、吸収線量深度分布の依存性を調べた。さらに、その結果をエネルギー付与に関する計算結果と比較した。

2 実験

放射線を照射された水溶液中に、水和電子(e^-_{aq})やOHラジカル等の放射線化学的初期生成物が形成された状態は、“放射線から水溶液にエネルギーが付与された”と表現される。従って、付与エネルギーで定義される吸収線量の測定は、放射線化学的には初期生成物の濃度を測定することであり、その深度分布は吸収線量の深度分布を与えることになる。本研究では、

LINACの電子ビームによる被照射物質中の吸収線量、すなわち初期生成物の収量をパルスラジオリシス法により測定している。パルスラジオリシス法は、パルス状の放射線で照射された試料水溶液中に生じた活性種の収量を測定する方法であり、この実験体系では活性種として放射線化学的特性のよく研究されている水和電子(e^-_{aq})に着目し、その活性種の光吸収による吸光度を測定している。吸光度と既知である水和電子のG値を使って、以下の式より吸収線量を求める。(1)

$$D = \frac{OD}{G \times \epsilon \times l \times \rho} \times 9.66 \times 10^6 \text{ (Gy)} \quad (1)$$

OD;測定された吸光度

G;水和電子のG値(放射線化学的収量)

l;分析光の試料内光路長

ρ ;試料密度

ϵ ;分子吸光係数

このシステムでは、角型石英セル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る(図1参照)。分析光の位置を変えるごとに電子ビームを照射し、対応する深度における吸光度が測定される。分析光には空間分解能のよいHe-Neレーザー光を、100 μ mのピンホールに通して使用した。線源は北海道大学4MeV-LINACを使用した。図2に実験体系を示す。このシステムを用い、吸収線量の深度分布曲線がターゲットの ρ 、 Z_{eff} 、 A_{eff} にどのように依存するのかを調べた。NaOH水溶液を試料として使い、その濃度を変えることによりパラメータを変化させた。試料はすべて3回蒸留水を用いて調整され、照射直前水溶液中の酸素を取り除くために約15分間Arガスよりバブリングされた。

3 結果

以上の方法で、様々な ρ 、 Z_{eff} 、 A_{eff} をもつ試料水溶液の吸収線量深度分布曲線を得た。図3に示されているのは、様々な濃度のNaOH水溶液に関する分布曲線を規格化したものである。横軸は、電子ビーム入射面からの深度となっている。曲線は、試料水溶液の濃度が高くなるすなわち ρ 、 Z_{eff} 、 A_{eff} が、大きくなるにつれて線量の分布が入射面に近い方向にシフトし

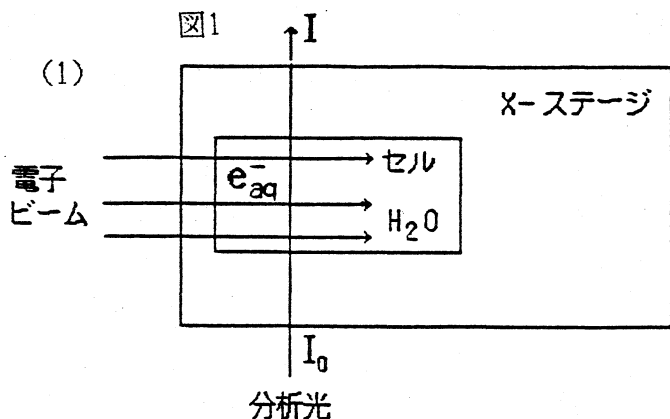
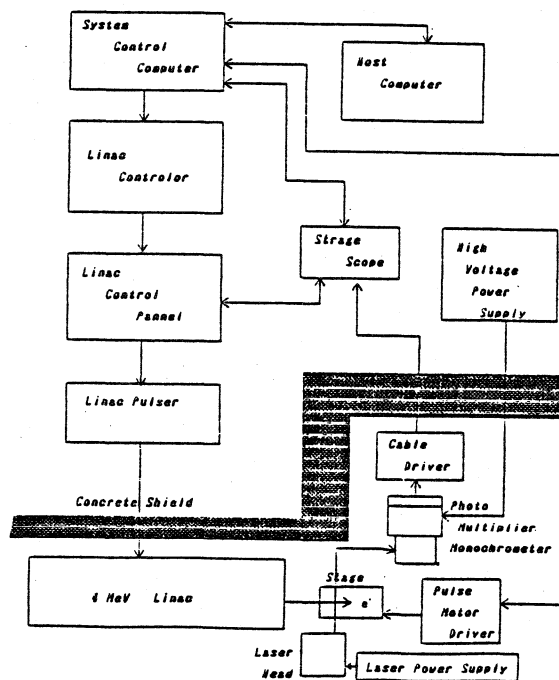


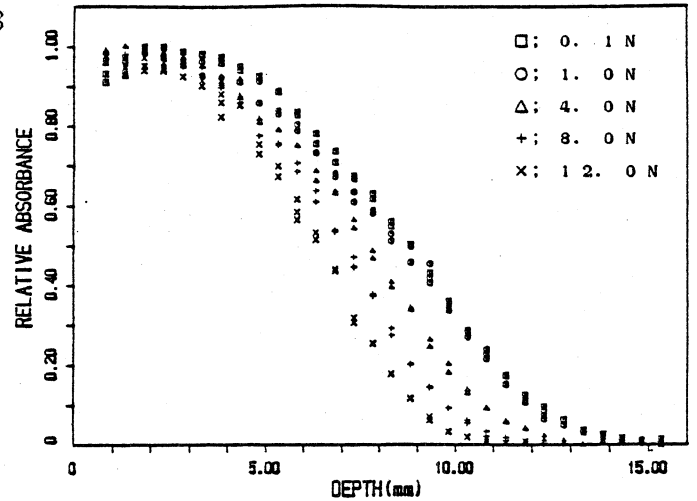
図2



ていることを示している。それぞれの曲線から、入射電子の実効飛程 R_0 を推定し、Markus等により実験的に導出された式(2)を用いて電子の平均入射エネルギー E_0 を推定した。(2)表1に示したのはNaOHに関する諸数値である。図3

$$R_0 \times \rho \times (Z/A)_{eff} = 0.285 E_0 - 0.137 \quad (2)$$

図4はTABATA等によるアルゴリズム(3)によって計算された、単一エネルギー高速電子が半無限吸収体に垂直に入射した際のエネルギーデポジションの分布曲線である。計算に必要なパラメータとしての入射エネルギー値は、本実験結果から推定値された2.52MeVとした。これも縦軸を規格化してある。



4 考察

実験試料における濃度つまり密度 ρ 、実効原子番号 Z_{eff} 、実効原子量 A_{eff} の変化にともなう、深度分布曲線の浅い方向へのシフト及び極大値から深部への傾斜部分が示す特徴のある曲線は、TABATA等による計算から得られたエネルギーデポジション分布曲線と妥当な一致をみせている。しかし分布曲線の浅部におけるビルドアップの存在及びその形状さらに極大値の位置は、入射ビームのエネルギースペクトルや角度分布に依存するため、このアルゴリズムでは実験結果を十分に説明することはできない。空間分解能をさらに向上しデータとして得られる吸光度の揺らぎを抑え、セルの壁面近傍における立ち上がりの有無をさらに明確にしていく必要があると思われる。

図4

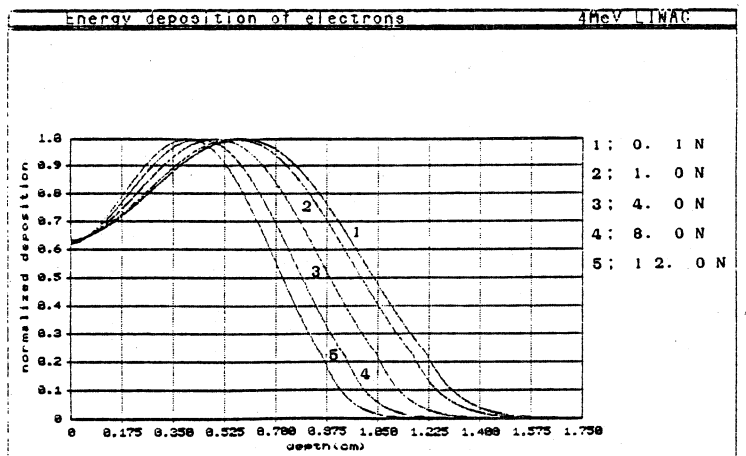


表1

NaOH 深度線量分布 (規格化)

NaOH	ρ	$(Z/A)_{eff}$	R_0	E_0	Z_{eff}	A_{eff}
—	g cm ⁻³	—	mm	MeV	—	—
0.1 N	1.004	0.5553	12.487	2.574	7.233	14.354
1.0 N	1.042	0.5544	12.471	2.576	7.334	14.537
4.0 N	1.153	0.5513	10.959	2.492	7.625	15.071
8.0 N	1.275	0.5479	10.005	2.501	7.951	15.668
12.0 N	1.378	0.5449	9.220	2.478	8.233	16.184

(参考文献) (1)相馬純吉 片山明石他共訳 ”基礎放射線化学” (化学同人)

(2)Frank H. Attix, William C. Roesch and Eugene Tochilin
”Radiation dosimetry” P99

(3)Tatuo Tabata and Rinsuke Ito,
”Nuclear science and engineering:53,P226