

フィルム線量計による低エネルギー電子線照射装置の線量評価

中川 清子*¹⁾ 関口 正之*¹⁾ 柚木 俊二*¹⁾

Dosimetry of low-energy electron beam systems using a film dosimeter

Seiko Nakagawa*¹⁾, Masayuki Sekiguchi*¹⁾, Shunji Yunoki*¹⁾

キーワード: 低エネルギー電子線, フィルム線量計, 線量測定

Keywords: Low-energy electron beam, Film dosimeter, Dosimetry

1. はじめに

マレイミド・スチレンの共重合体は耐熱性樹脂として知られており, パソコン・携帯電話等, 電子機器の基板や液晶ディスプレイのフィルム等への利用が進んでいる。現在, マレイミド重合体は, テトラヒドロフランやニトロベンゼンなどの有機溶媒中で過酸化物やアゾ化合物のような重合開始剤を使用した熱反応で合成する。このため, 温度・圧力の制御に加え, 問題となっている有害な溶媒や重合開始剤の環境への排出抑制の対策が必要となる。そこで, 毒性のないエタノールや 2-プロパノールを溶媒として, 重合開始剤を使用しない放射線重合でマレイミド重合体を合成できれば, 熱反応での合成では避けられない環境問題への解決に繋がる。特に, 低エネルギー電子線照射装置を使用して合成ができれば, 簡便で環境にやさしいシステムの構築が可能になる。

筆者は, 高エネルギーの電子線やイオンビームを照射して, マレイミド・スチレン共重合体を合成するための条件を検討してきた。その結果, 電子線の電流値を低くすることにより, より高分子量のポリマーが低線量照射で合成できることがわかった¹⁾。しかし, 低エネルギーの電子線照射装置では, 定格の最低電流値程度 (1~2 mA) で照射しようとすると, 暗電流の影響が無視できないため, 高い電流値での線量測定の結果を用いて評価することができない。そこで, 低電流照射における線量をフィルム線量計で正確に評価することとした。

2. 実験方法

2.1 フィルム線量計への照射 ファーウェストテクノロジー (FWT) 社製ラジオクロミックフィルム線量計 FWT-60-00 型 (厚さ: 50 μm) を使用し, 試料の準備及び測定は, 消灯状態で行った。

線量校正のための γ 線照射には, 光による影響を抑制するために, アルミパウチに入れて照射した。γ 線は, セシ

ウム線源 (244 TBq, ポニー工業社製 γ 線照射装置: PS-3200T) を使用し, 線源からの距離 164.3 mm (線量率≒0.47 kGy/h) で照射台の中央で照射した。

電子線照射には, 低エネルギー電子線照射装置 (岩崎電子社製: LB2005) を使用し, 250 kV と 150 kV のエネルギーの電子線を照射した。250 kV 照射では 12 枚, 150 kV 照射では 5 枚のフィルムを両面テープで固定しながら重ねてセットした。また, 共重合のための照射では, 試料溶液にマイラーフィルムをかぶせて照射するため, マイラーフィルムをかぶせた状態での照射も行った。電流は 1 mA, 2.5 mA, 5 mA で照射した。コンベア速度は 10 m/min, 20 m/min, 60 m/min で照射回数を調整することにより, 推定される照射線量を決定した。なお, 電流 5 mA, コンベア速度 10 m/min での線量値をメーカーから提供されており, その線量を X kGy とすると, 推定線量 R kGy は電流:Y mA, コンベア速度:Z m/min とすると,

$$R = X * (Y/5.0) * (10/Z) \quad (1)$$

と求められる。

2.2 照射線量の測定 フィルム線量計の波長≒600 nm の吸光度を FWT-92 型ラジオクロミックリーダー (FWT 社製) で測定し, 未照射のフィルムとの差を求めた。

3. 結果及び考察

3.1 ガンマ線照射による線量校正 フィルム線量計の吸光度は, γ 線の照射線量にほぼ比例して増加した。得られた一次式を利用して, 電子線照射したフィルムの吸光度から線量を決定した。

3.2 低エネルギー電子線照射装置の線量評価 250 kV, 1 mA, コンベア速度 60 m/min で 24 回電子線を照射した時の線量の深さ分布を図 1 に示す。マイラーフィルムの有無に係わらず, 550 μm 程度まで侵入する。150 μm 程度まではマイラーフィルムがある方が線量が高く, 深くなるにつれてマイラーフィルムのない方が若干線量が高かった。平均線量では, マイラーフィルムの有無による差は認められなかった。

150 kV, 1 mA, コンベア速度 20 m/min で 8 回電子線を照射した時の線量の深さ分布を図 2 に示す。全ての深さにおいて、マイラーフィルムが有る方の線量が 10%程度低かった。

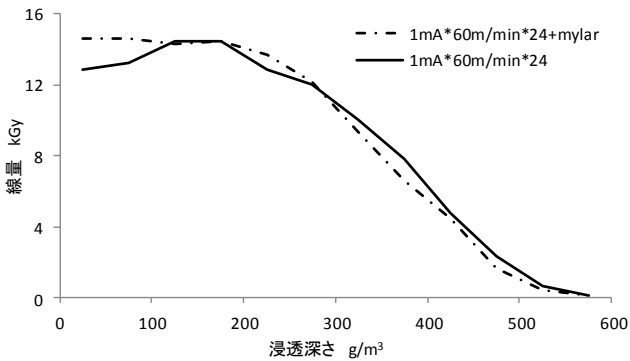


図 1. 250kV, 1mA, コンベア速度 60m/min で 24 回照射による線量の深さ分布

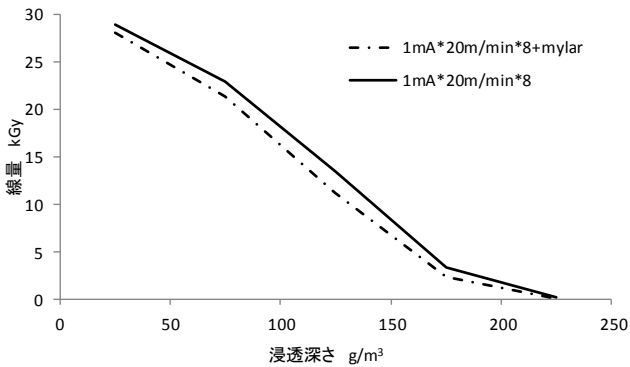


図 2. 150kV, 1mA, コンベア速度 20m/min で 8 回照射による線量の深さ分布

全フィルムの平均線量を測定線量とし、式(1)で示した推定線量と比較した。250 kV, 1 mA,マイラーフィルムありの場合及び 150 kV, 1 mA,マイラーありの場合での測定値と推定値の比較を図 3 及び図 4 に示す。どちらも、コンベア速度に係わらず、測定線量は推定線量とよい相関を示す。測定線量の推定線量に対する比は、250 kV で 0.45, 150 kV で 0.64 であった。これより、1 mA における線量は、250 kV, コンベア速度 20 m/min で 1.1 kGy, 150 kV, コンベア速度 20 m/min で 1.5 kGy と求められた。

測定線量の推定線量に対する比を表 1 にまとめた。電流値の増加とともに、比率が 1 に近づくことがわかる。5 mA では推定線量とほぼ同じ線量が得られ、正しい線量評価と考えられる。1~2.5 mA の低電流照射では、暗電流の影響が大きく、1 mA では推定線量の 1/2 程度の線量になることがわかった。

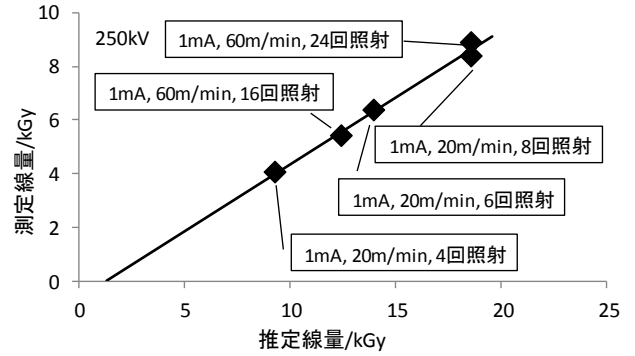


図 3. 250kV, 1mA, マイラーありの照射における測定線量と推定線量の相関

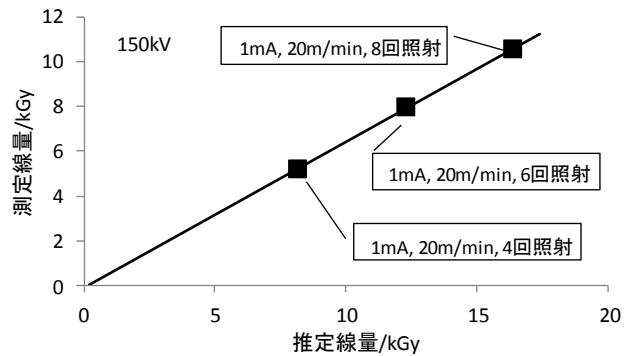


図 4. 150kV, 1mA, マイラーありの照射における測定線量と推定線量の相関

表 1. 測定線量と推定線量の比率

推定線量との比	150kV	250kV
1mA(マイラー付)	0.64	0.45
2.5mA	0.85	0.80
5mA	0.90	0.90

(平成 24 年 5 月 18 日受付, 平成 24 年 8 月 1 日再受付)

文 献

- (1) S. Nakagawa, M. Taguchi and A. Kimura : "LET and Dose Rate Effect on Radiation Induced Copolymerization of Maleimide with Styrene in 2-propanol Solution.", Radiat. Phys. Chem., 80, pp.1199-1202 (2011).