

## X線発生装置（ISOVOLT TITAN320）の線量分布特性について

医歯薬学総合研究科 原研放射 森田直子

先導生命科学研究支援センター 吉田正博、三浦美和、Hakkim FL、松田尚樹

### 【概要】

X線発生装置（ISOVOLT TITAN320）の線量分布特性を物理的、生物学的に計測したところ、照射台の中央から縦方向、横方向に向かう線量率の不均一な減少が見られました。照射台上に試料を置くにあたっては、次のような点に留意する必要があります。

#### ・動物

照射台上の領域を 5x5 分割したとすると、標的器官がそのうち中央 3x3 分割の領域内に位置するように置く必要があります。

#### ・培養細胞（10cm ディッシュや T75 フラスコのような大型サイズ）

なるべく 1 試料/1 照射とし、試料は中央部に置くことが最善策です。

2 試料を照射する場合は、右横方向に 2 つ並べれば照射誤差を少なくすることができます。

#### ・培養細胞（6cm ディッシュ、3.5cm ディッシュ、T25 フラスコ）

すべての試料を中央 3x3 分割の領域内に置く必要があります。

### 【背景と目的】

放射線発生装置を用いて複数の試料を同時に照射する場合、各試料に均一な線量が照射されることが大前提となります。X線照射装置では、X線管の小さな照射窓から照射台に向けて線束が放射状に広がり、かつX線管内の管球（X線発生部）の設置角度により線束方向の不均一性が生じるため、照射台上の位置により照射線量は微妙に異なります。この技術文書では、新規X線発生装置（ISOVOLT TITAN320）の照射台上における二次元線量分布を物理的、生物学的に計測した結果について示します。

### 【物理的計測】

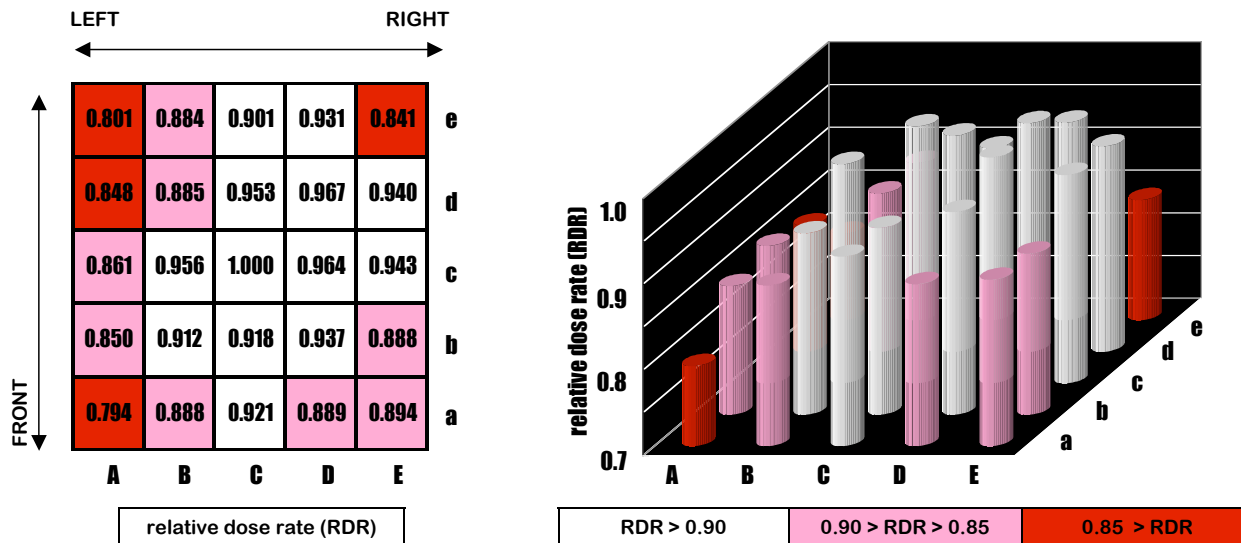
測定方法：照射台上の領域を 5x5 分割し、各領域にガラス線量計（ガラスチップ）を設置

発生条件：管電圧 200kV、管電流 15mA

照射条件：5mm-Al + 0.5mmAl フィルター、距離 50cm、中央部線量率 0.9034Gy/min

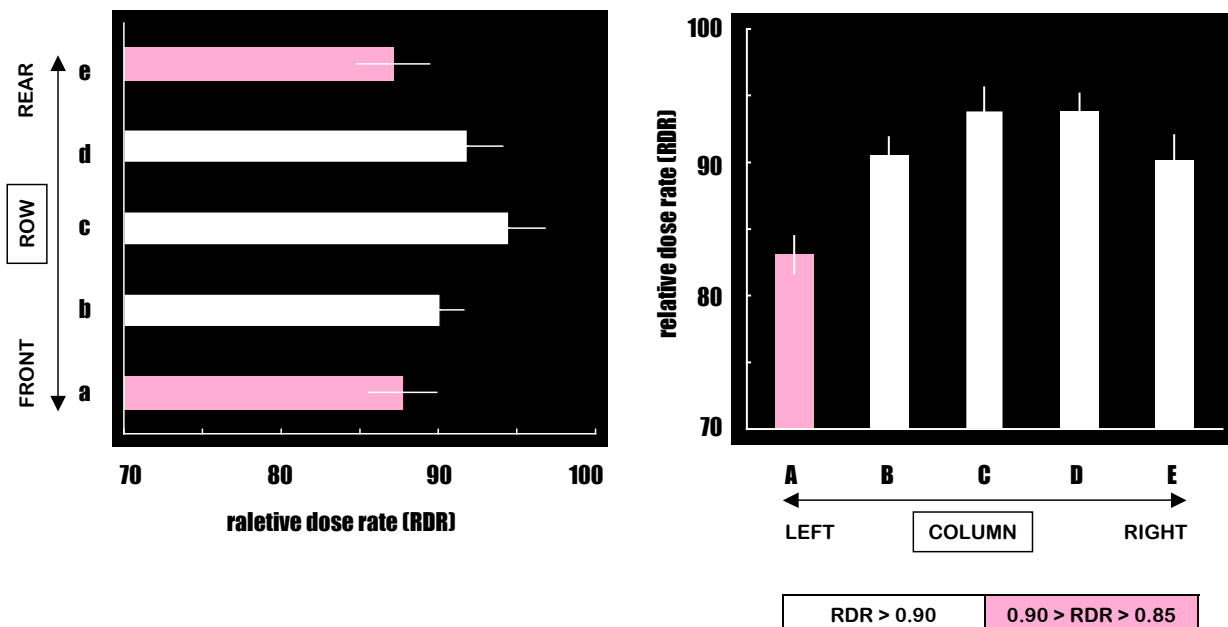
結果：

Fig.1 左は、5x5 分割した照射台上の各領域における線量率を、中央部の線量率を 1 とした場合の相対値、Fig.1 右はその結果をグラフとして表しています。白は相対値 0.9 以上の線量率が得られる領域、ピンクは 0.85~0.9 の範囲の線量率が得られる領域、赤は 0.85 以下まで線量率が低下する領域を示します。中央部を中心にした 3x3 分割の領域では、ほぼ相対値 0.9 以上の線量率が得られていることがわかります。



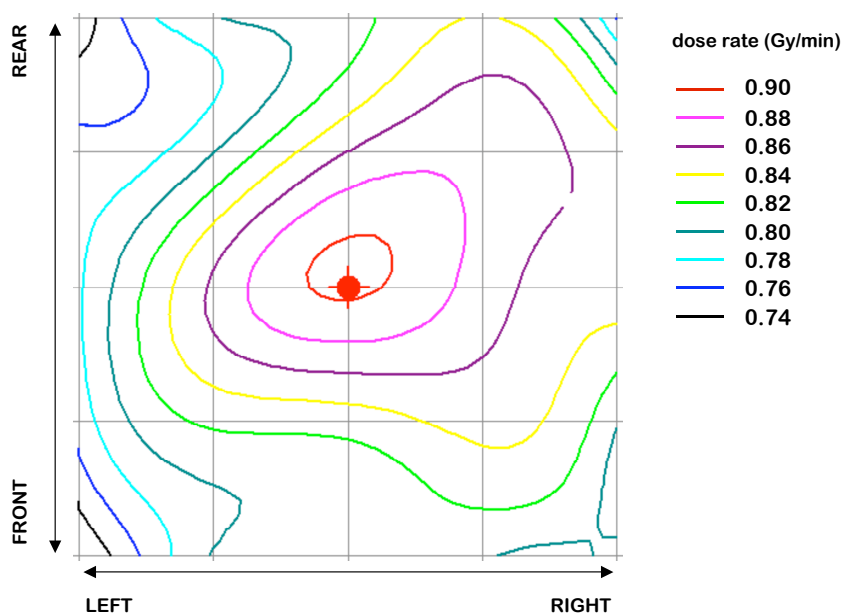
**Fig.1 X-ray dose rate measured by glass-tip at different locations**  
 filter: 5mm-Al + 0.5mm-Al distance: 50cm center dose rate: 0.9034Gy/min

Fig.2 左には行(縦方向、試料台上で手前から奥)、列(横方向、試料台上で左から右)ごとの平均値を示します。縦方向では最前列と最後列で相対線量率が 0.85~0.9 の範囲に低下しています。また、横方向では最左列で顕著に線量率が低下しています。右方向には比較的安定しているようです。



**Fig.2 X-ray dose rate measured by glass-tip at different rows and columns**  
 filter: 5mm-Al + 0.5mm-Al distance: 50cm center dose rate: 0.9034Gy/min

これらの計測結果に基づき、等線量率を与える線を数学的に推定すると Fig.3 のようになります。中心から左方向の等線量率線の間隔が狭く、照射台の左半分では急激に線量率が低下することがわかります。



**Fig.3 iso-dose lines estimated from physical dosimetry**

以上の物理的計測の結果は、均一な線量の照射のためには、試料を照射台の中央 3x3 分割の領域に置き、それを越える場合はなるべく照射台の右側を使うべきであることを示します。

#### 【生物計測】

測定方法：照射台上の領域を 5x5 分割し、B16 メラノーマ細胞を 100 個植えた直径 3.5cm ディッシュを各領域に設置し、コロニー形成により生存率を計測

発生条件：管電圧 200kV、管電流 15mA

照射条件：線量 4Gy、5mm-Al + 0.5mmAl フィルター、距離 50cm、中央部線量率 0.8903Gy/min

結果：

Fig.4 左には 4Gy 照射後の細胞の生存率を、Fig.4 右にはそのグラフを示します。それぞれ、30%以下を示した領域を白、30%~40%を示した領域をピンク、40%以上の生存率を示した領域を赤で表しています。最後列と最左列で生存率が顕著に上昇しており、その値は中央部の倍以上にも達します。

Fig. 5 左には行(縦方向、試料台上で手前から奥)、列(横方向、試料台上で左から右)ごとの細胞生存率の平均値を示します。縦方向、横方向ともに中央部から離れるに従って生存率は上昇しています。最後列と最左列で生存率が顕著に上昇する傾向はここでも見られています。すなわち、これらの領域では設定した線量が細胞に照射されていないことになります。

以上の生物計測の結果は、物理的計測結果を良く反映し、照射位置による生物応答が大きく異なることを示しています。特に左方向には要注意です。

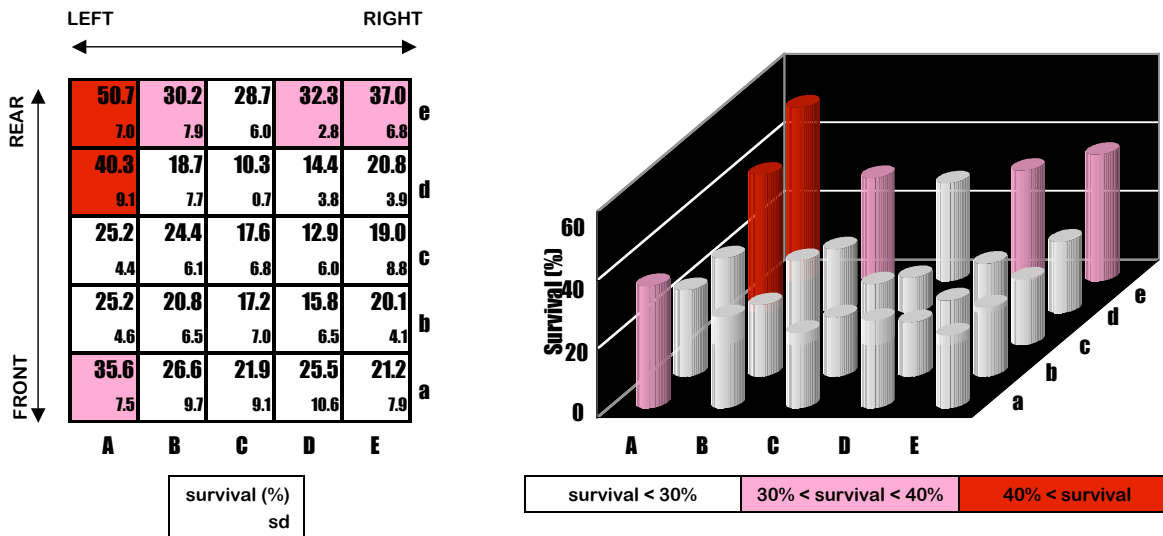


Fig.4 Survival of B16 melanoma cells exposed to 4Gy of X-ray at different locations  
filter: 5mm-AI + 0.5mm-AI distance: 50cm dose rate: 0.8903Gy/min

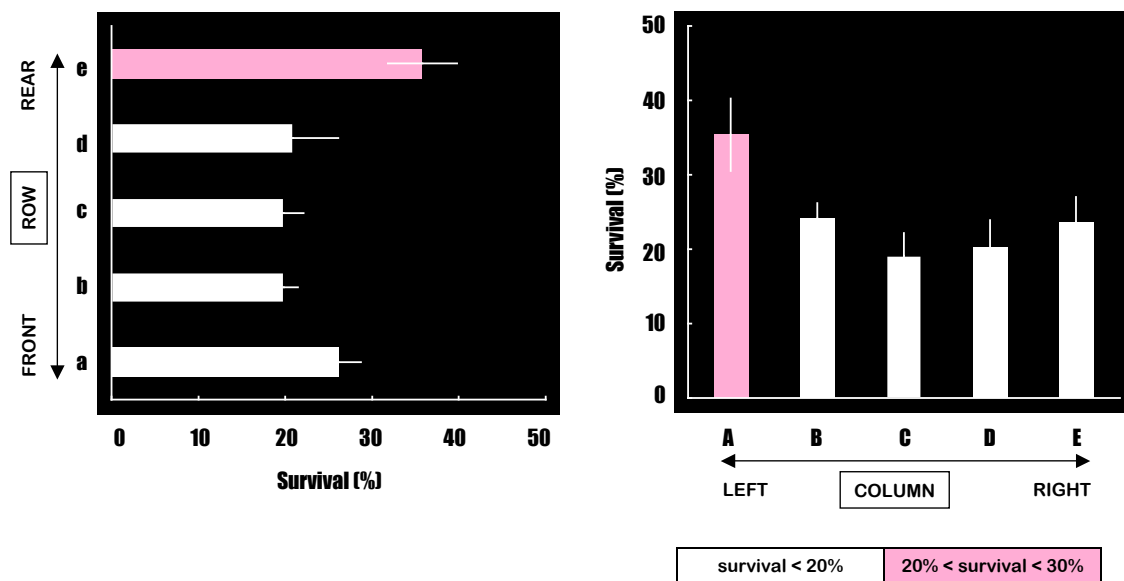


Fig.5 Survival of B16 melanoma exposed to 4Gy of X-ray at different rows and columns  
filter: 5mm-AI + 0.5mm-AI distance: 50cm dose rate: 0.8903Gy/min

以上より、照射台上の領域を 5x5 分割したとすると、そのうち中央 3x3 分割が安定した照射線量の得られる領域と考えられます。実際の照射にあたっては、照射試料の種類に応じて、次のような点にご留意ください。

・動物

標的器官中央 3x3 分割の領域内に位置するように置くことが必要です。

- ・培養細胞（10cm ディッシュや T75 フラスコのような大型サイズ）  
なるべく 1 試料/1 照射とし、試料は中央部に置くことが最善策です。  
2 試料を照射する場合は、右横方向に 2 つ並べれば照射誤差を少なくすることができます。
- ・培養細胞（6cm ディッシュ、3.5cm ディッシュ、T25 フラスコ）  
すべての試料を中央 3x3 分割の領域内に置く必要があります。

-----  
TECDOC0801

Rev.1 July 10, 2008

Rev.2 August 12, 2008