553. リニアック治療室の遮蔽壁設計に関する一考察

A study of design for radiotherapy room

大阪大学医学部附属病院放射線部 森 嘉信 川越康充 菊地利邦 伊藤慎弥

Yoshinobu Mori Yasumitsu Kawagoe Toshikuni Kikuchi Shin'ya Ito

桜井邦昭 松本光弘 小縣裕二

Kuniaki Sakurai Mitsuhiro Matsumoto Yuuji Ogata

「目的」リニアック治療室の設計で、照射室出入口付近の放射線量（散乱X線、透過X線、散乱中性子線）を少なくするためには、出入口から見た散乱面積を可能な限り小さくすることが重要である。今回、新設のリニアック治療室の迷路設計について新たな方法を採用したので報告する。

「迷路構造と散乱線量」図A, B, Cに示すように迷路を3パターンに分けて検討した。図Aは今回開発した構造である。表1に計算式および計算結果を示す。

A	現在の施設構造	B	突出壁をとり、迷路の長さは現在と同じ構造	C	突出壁をとり、迷路の長さを長くした構造
散乱面積 $S(m^2)$ (赤斜線の部分で床のみ)	2.15	散乱面積 $S(m^2)$ (赤斜線の部分で壁も含む)	14.9	散乱面積 $S(m^2)$ (赤斜線の部分で壁も含む)	3.5
a: 焦点位置より散乱壁面等の中心までの距離(m)	8.0	a: 焦点位置より散乱壁面等の中心までの距離(m)	8.3	a: 焦点位置より散乱壁面等の中心までの距離(m)	7.3
b: 散乱壁面等の中心から評価点までの距離(m)	9.3	b: 散乱壁面等の中心から評価点までの距離(m)	9.3	b: 散乱壁面等の中心から評価点までの距離(m)	9.2

【設定条件】

使用装置：三菱医療用ライナックML-20MTX形

X線最大エネルギー：18MV

X線最大出力：5 Gy/min at 1m (ターゲットより)

S1D: 100cm

最大照射野：400mm×400mm

使用時間：10時間/週

方向利用率：1.0 (下向き照射)

漏洩線量率：5×10⁻³ Gy/min at 1m (利用線種の1/1000)

出入口扉：鉛10mm (透過率: 0.046)

ポリエチレン70mm (B₂O₃10%入り)

1cm線量当量換算係数：1.2 (漏洩線), 1.7 (散乱線)

コンクリート密度：2.25g/cm³ (1/10価層：50.3cm)散乱比：10⁻²

安全率：2

【使用計算式】

1) 漏洩線による漏洩線量率の計算式

$$LH_{100}(X) = \frac{I_0 \times 10^{-3} \times 60 \times 10^3 \times 10^{-2}}{L^2} \times D \times T \times U \times 1.2 \times 10^3 \quad (\mu Sv/w)$$

I₀: 5 Gy/min at 1m

L: 焦点から評価点までの距離(m)

D: 壁による透過率

T: 使用時間 (10時間/週) U: 装置の方向利用率 (下向きで1)

1.2: 1cm線量当量換算係数

2) 迷路散乱線にたいする漏洩線量率の計算式

$$LH_{100}(X) = \frac{S \times I_0 \times 10^{-3} \times 60 \times 10^3 \times 10^{-2} \times d \times T}{a^2 \times b^2} \times 1.74 \times F \times 10^3 \quad (\mu Sv/w)$$

S: 散乱面積 (m²), I₀: X線最大出力, 10⁻²: 散乱比, d: 扉の鉛透過率 (10mm厚で0.046)

a: 焦点位置より散乱壁面等の中心までの距離(m), b: 散乱壁面等の中心から評価点までの距離(m)

T: 1週間当たりの使用時間 (10時間/週), F: 安全率 2, 1.74: 1cm線量当量換算係数

3) 中性子にたいする漏洩線量率の計算式

メーカーよりの「中性子漏洩線量実測値」において、扉開放時の実測値が1.26nrem/hであった。

これを線量当量 (μSv/h) に換算すると19.2 (μSv/h) となる。

これを用いて、表示する換算項目により各評価点 (A, B, C) での線量率 (μSv/w) を算出した。

項目	ターゲットの実測値	A点の場合	B点の場合	C点の場合
ターゲット材質による発生量比	1.0 (白金)	0.5 (銅) *	0.5 (銅) *	0.5 (銅) *
X線エネルギーによる発生量比	1.0 (10MV)	40.0 (18MV) **	40.0 (18MV) **	40.0 (18MV) **
X線出力 (Gy/min at 1m)	3.5	5.0	5.0	5.0
散乱面積 (m ²)	11	2.15	14.9	3.5
距離 a (m)	5.8	8.0	8.3	7.3
距離 b (m)	7.2	9.3	9.3	9.2

【結果】

評価点	線種	距離 (m)	遮蔽物	厚さ (cm)	透過率	方向利用率	線量当量 (μSv/w)	小計	合計
A	漏洩線	7.40	277g/cm ²	180.0	2.64E-04	1.00	17.35		31.23
	迷路散乱 a=8.0 b=9.3 S=2.15 (扉: 鉛10mm入り)					1.00	1.87		
	中性子散乱 扉にポリエチレン (B ₂ O ₃ 10%入り) が70mm入り						12.01		
B	漏洩線	7.40	277g/cm ²	180.0	2.64E-04	1.00	17.35		106.71
	迷路散乱 a=8.3 b=9.3 S=19.9 (扉: 鉛10mm入り)					1.00	12.01		
	中性子散乱 扉にポリエチレン (B ₂ O ₃ 10%入り) が70mm入り						77.35		
C	漏洩線	7.40	277g/cm ²	180.0	2.64E-04	1.00	17.35		45.08
	迷路散乱 a=7.3 b=9.2 S=3.5 (扉: 鉛10mm入り)					1.00	3.73		
	中性子散乱 扉にポリエチレン (B ₂ O ₃ 10%入り) が70mm入り						24.00		

まとめ

1. 迷路の遮蔽壁の形状を変えることによって、散乱面積が小さくなり、散乱線を大幅に減少できた。
2. 迷路が短縮できたことにより作業性の向上および開放的な環境作りができた。
3. 中性子線の計算を「放射線施設の遮蔽計算実務マニュアルⅢ」に基づくと安全側で評価できる。

謝辞：日本電気の上田八寿男氏のご協力に心から感謝致します。