

2019年4月11日

医療放射線の最適化/防護/管理にかかわる最新技術動向
特定テーマ：測定管理技術

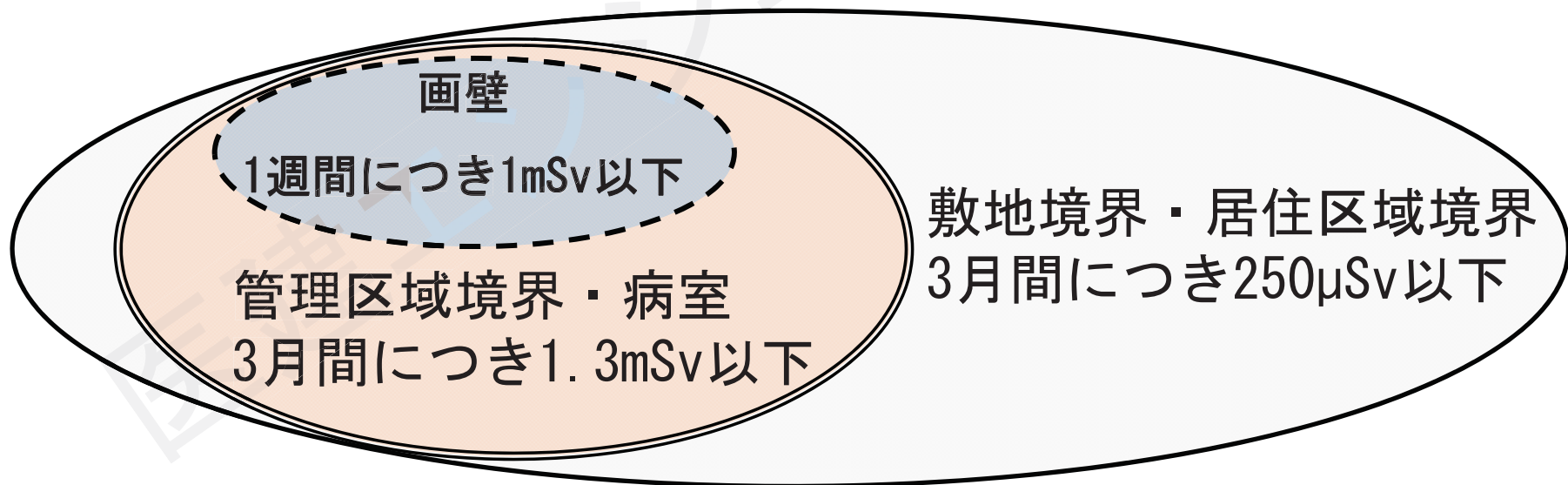
遮へい計算による防護検討

医建エンジニアリング株式会社
細沼 宏安

X線診療室の基準

X線診療室は、法令上、放射線量限度により規定されている。

- ・ X線診療室の画壁外側：1.0mSv/週
- ・ 管理区域境界：1.3mSv/3月間
- ・ 病室：1.3mSv/3月間
- ・ 居住区域境界(宿舎等)：250 μ Sv/3月間
- ・ 病院または診療所の敷地境界：250 μ Sv/3月間



漏えい放射線量の算定

○漏えい放射線量測定→**実測**(装置設置後のみ)

×線装置設置後に放射線測定器を用いて実測し
漏えい線量を算定する方法

○遮へい計算→**計算**(装置設置前でも可能)

×線診療室の管理区域境界等の漏えい線量を計算
により算定する方法

遮へい計算

X線診療室の管理区域、病室、居住区域及び敷地境界について計算により3月間当たりの漏えい放射線量を算定する方法。

装置設置後だけではなく、X線診療室の設計段階、装置更新の計画段階で遮へい計算を行うことにより、漏えい放射線量を推定できる。



X線診療室に必要な遮へい厚を決定することができる。



計算結果を基にしてX線診療室を施工する。



遮へい計算の妥当性が重要となる。

遮へい計算の根拠通知

遮へい計算の考え方・方法について、厚生労働省から通知が発出されている。

- ◆ 厚生労働省医薬局長通知 医薬発188号「医療法施行規則の一部を改正する省令の施行について」（平成13年3月12日）
- ◆ 厚生労働省医政局長通知 医政発0331第16号「医療法施行規則の一部を改正する省令の施行についての一部改正について」（平成26年3月31日）

遮へい計算の必要情報

遮へい計算を行う上で必要となる情報

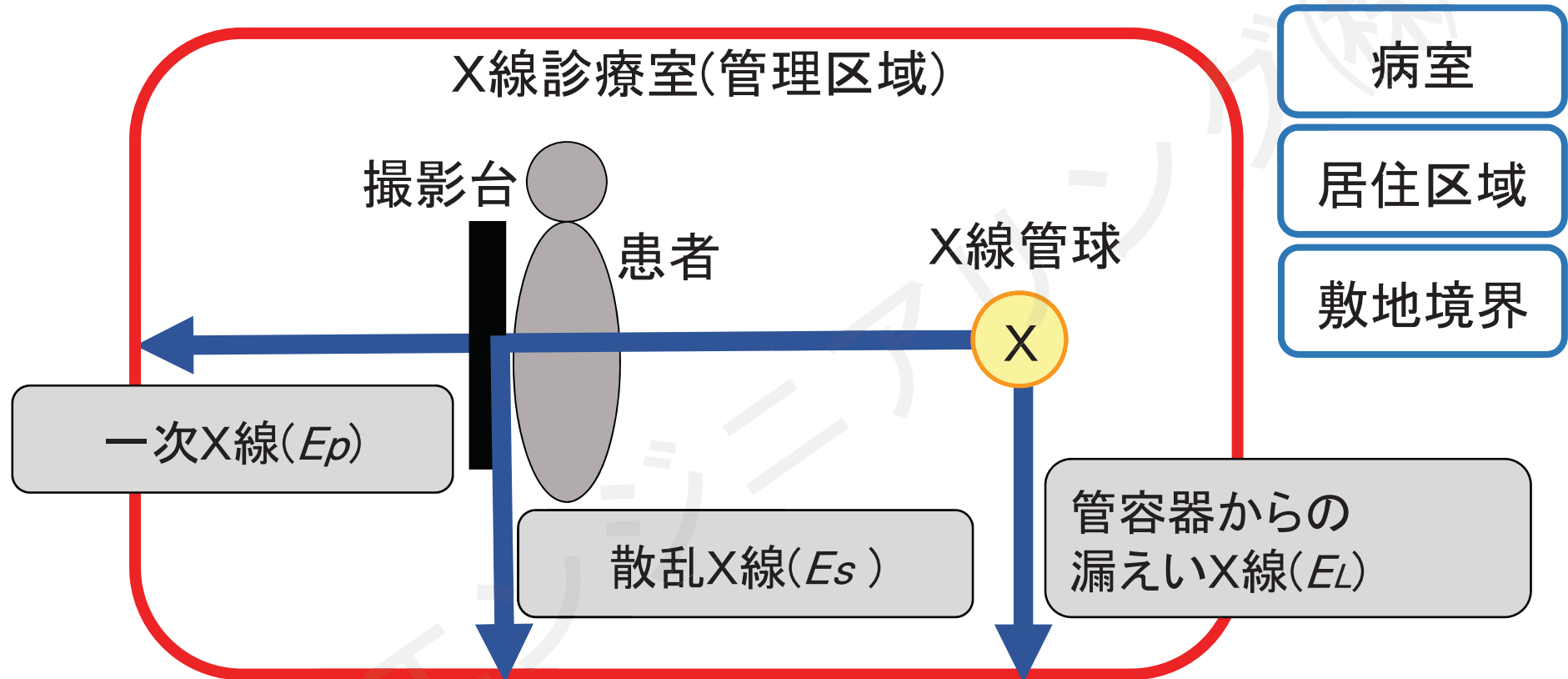
◆ 当該X線診療室の構造等

- 部屋寸法、形状が正確で、壁厚、壁面の遮へい厚、扉、ガラスの遮へい厚がわかり、かつ、X線装置の配置位置がわかる図面等の資料
- フロア高(階高)、上階面、床面の遮へい厚がわかる資料
- 当該X線診療室から最も近い病室、居住区域(看護師宿舎等)、敷地境界までの距離と方向がわかる資料

◆ X線診療室の稼働状況及びX線装置の情報

- 稼働日数、撮影件数、1件あたりの透視時間、撮影回数、撮影条件(管電圧、管電流、秒数、焦点受像器(天板表面)間距離)、照射野面積、等

遮へい計算の考え方



各遮へい計算箇所につき、
一次X線(E_p)、散乱X線(E_s)、管容器からの漏えいX線(E_L)を
算出し、それらを合算して漏えい放射線量を求める。

遮へい計算式

① 一次X線による漏えい放射線量の計算式

$$E_p = \frac{X \times D_t \times W \times (E / K_a) \times U \times T}{d_1^2}$$

X : X線管焦点から利用線錐方向の1メートルにおける空気カーマ (mGy/mAs)

Dt : 遮へい体の厚さtにおける空気カーマ透過率

W : 3月間における放射稼働負荷 (mAs/3月間)

E/Ka : 空気カーマから放射線量への換算係数

U : 使用係数

T : 居住係数

d1 : X線管焦点から隔壁外側までの距離 (m)

t : 遮へい体の厚さ

遮へい計算式

② 散乱X線による漏えい放射線量の計算式

$$E_s = \frac{X \times D_t \times W \times (E / K_a) \times U \times T}{d_2^2 \times d_3^2} \times \frac{a \times F}{400}$$

X : X線管焦点から利用線錐方向の1メートルにおける空気カーマ (mGy/mAs)

Dt : 遮へい体の厚さtにおける空気カーマ透過率

W : 3月間における放射稼働負荷 (mAs/3月間)

E/Ka : 空気カーマから放射線量への換算係数 (Sv/Gy)

U : 使用係数

T : 居住係数

d2 : 撮影天板面での利用線錐中心から遮へい壁外側までの距離 (m)

d3 : X線管焦点から撮影天板面までの距離 (m)

a : 照射野400平方センチメートルの組織類似ファントムから1メートルの距離における空気カーマ率のXに対する百分率

F : 受像面における照射野の大きさ (cm²)

遮へい計算式

③ 管容器からの漏えいX線による漏えい放射線量の計算式

$$E_L = \frac{X_L \times t_W \times W \times (E / K_a) \times U \times T}{d_4^2} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$$

X_L : X線管容器から1メートルの距離における空気カーマ (μ Gy/h)

t_W : 3月間における稼働時間 (h/3月間)

E/K_a : 空気カーマから放射線量への換算係数

U : 使用係数

T : 居住係数

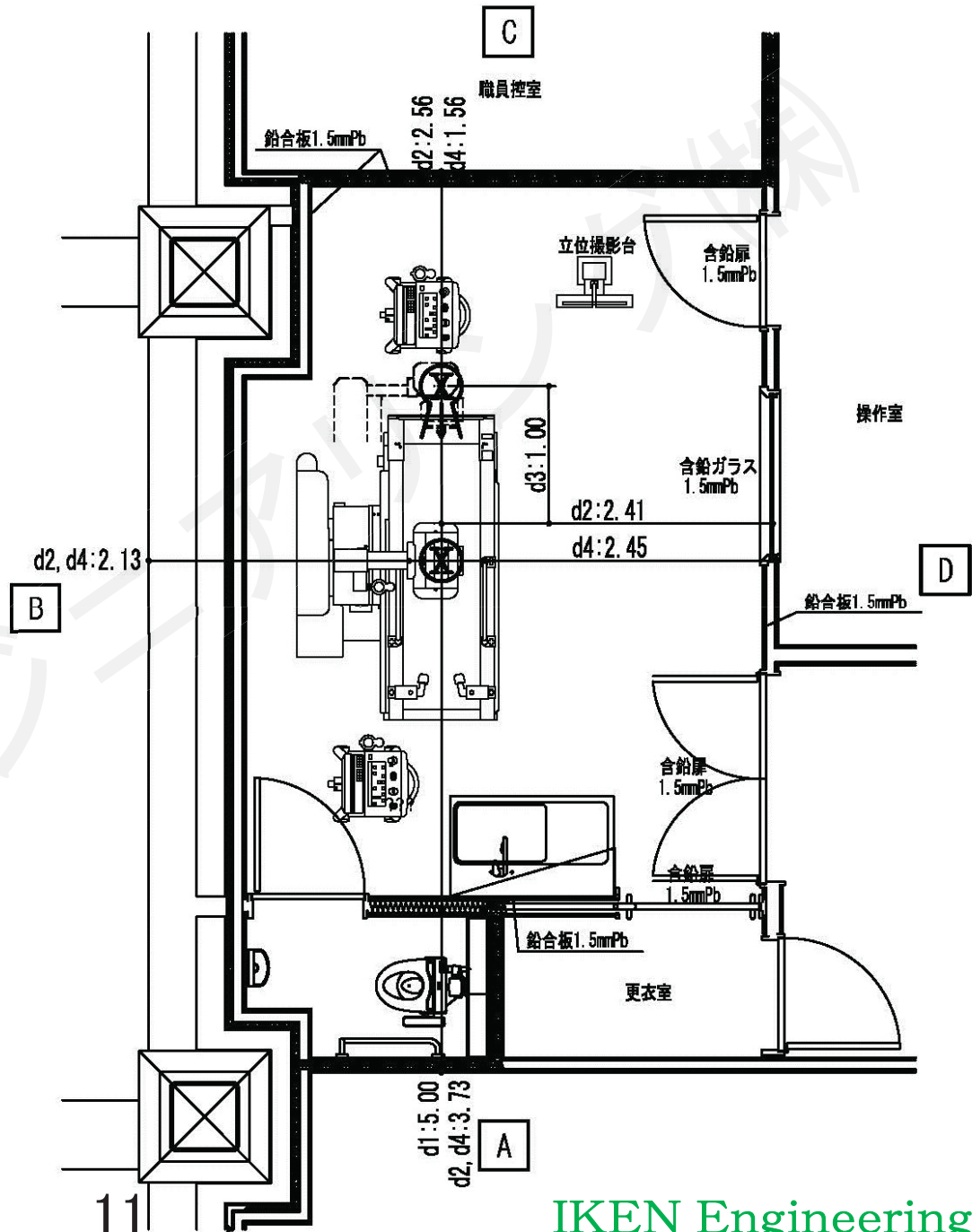
d_4 : X線装置のX線管焦点から遮へい壁外側等の評価点までの距離 (m)

t : 遮へい体の厚さ (mm)

$t_{1/2}$: 遮へい体の大幅に減衰したX線の広いビームに対する半価層 (mm)

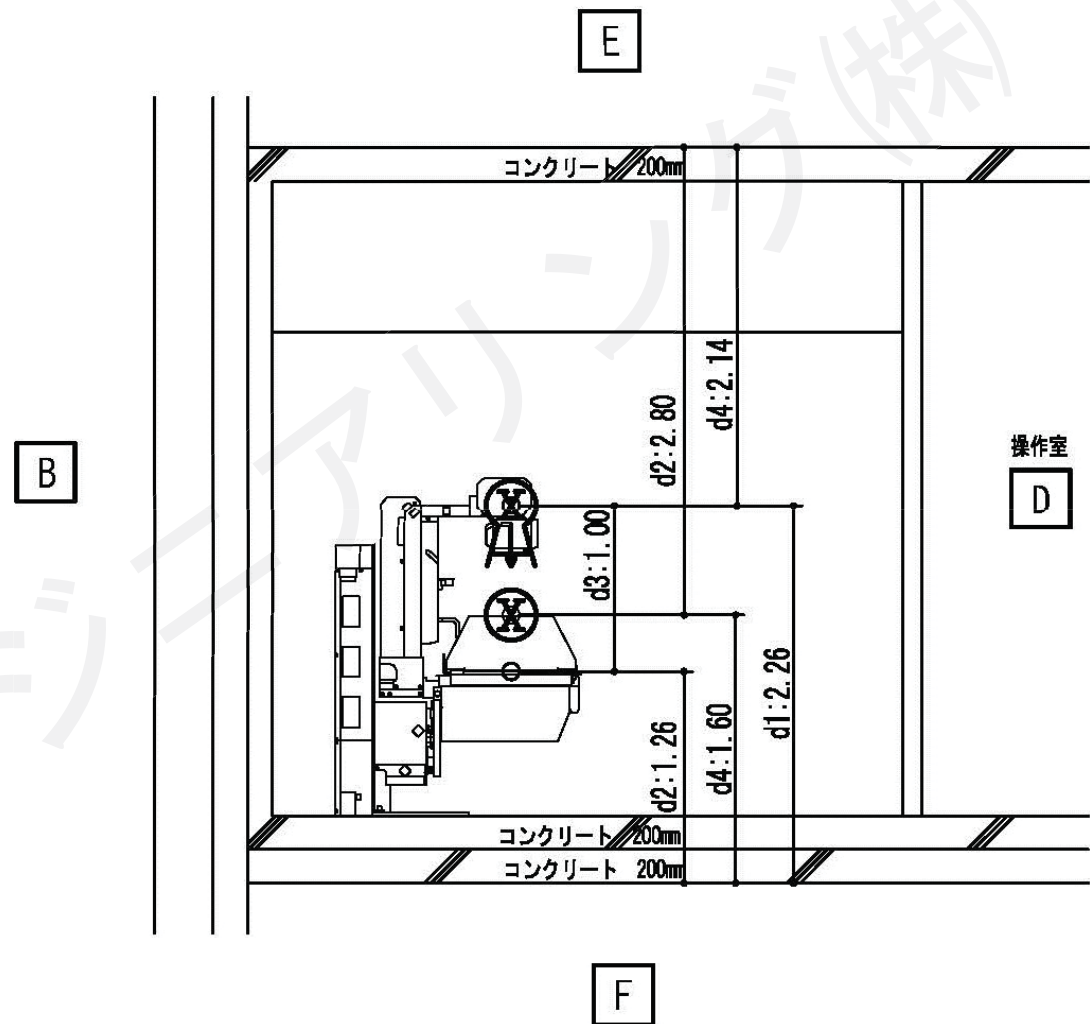
遮へい計算例

X線TV室
遮へい計算図面例
平面図



遮へい計算例

X線TV室
遮へい計算図面例
断面図



遮へい計算例

X線TV室 遮へい計算例 (計算条件まとめ)

エックス線診療室しゃへい計算表(1)

施設名		B病院
エックス線診療室名		X線TV室
装置名		X線TV装置
撮影方法		透視・撮影
透視条件	稼働日数 (日/週)	6
	透視人数 (人/日)	30
	管電圧 (kV)	90
	管電流 (mA)	2
	透視時間 (分/1人)	5
	1週間の延透視時間 (s/週)	54,000
撮影条件	稼働日数 (日/週)	6
	撮影人数 (人/日)	30
	管電圧 (kV)	90
	管電流 (mA)	200
	撮影時間 (秒/1回)	0.032
	撮影回数 (回/人)	20
	1週間の延撮影時間 (s/週)	115.2
その他の条件	X : 空気カーマ ($\mu\text{Gy}/\text{mA}\cdot\text{s}$)	62.1
	W : 3月間の実効稼働負荷 ($\text{mA}\cdot\text{s}/3\text{月間}$)	1,703,520
	(E/Ka) : 換算係数 (Sv/Gy)	1.433
	U : 使用係数	1
	T : 居住係数	1
	a : 空気カーマの百分率	0.0018
	F : 照射野の大きさ (cm^2)	1,132
	XL : 管球からの線量 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	1,000
	t _w : 3月間の稼働時間 (h/3月間)	195.42

遮へい計算例

X線TV室

遮へい計算例(各計算箇所での遮へい厚と計算値)

エックス線診療室しゃへい計算表(2)

集計2-1

エックス線診療室名		X線TV室												
装置名		X線TV装置												
撮影方法		透視・撮影												
評価方向	エックス線種別	対向しゃへい物		しゃへい壁等						計算方向までの距離				漏えい線量 ($\mu\text{Sv}/3\text{月間}$)
		鉛:11.35 (g/cm ³)		鉛:11.35 (g/cm ³)			コンクリート:2.1 (g/cm ³)			d 1 (m)	d 2 (m)	d 3 (m)	d 4 (m)	
		(mm)	透過率	(mm)	透過率	半価層による透過率	(mm)	透過率	半価層による透過率					
A	一次線	2.2	9.28E-05	1.5		9.84E-03				5.00				5.54
	散乱線			1.5	8.15E-04						3.73	1.00		45.24
	管容器			1.5		9.84E-03						3.73		198.06
B	一次線													
	散乱線			1.5	8.15E-04						2.13	1.00		138.72
	管容器			1.5		9.84E-03						2.13		607.37
C	一次線													
	散乱線			1.5	8.15E-04						2.56	1.00		96.03
	管容器			1.5		9.84E-03						1.56		1132.30
D	一次線													
	散乱線			1.5	8.15E-04						2.41	1.00		108.36
	管容器			1.5		9.84E-03						2.45		459.07
E	一次線													
	散乱線						200	3.42E-05			2.80	1.00		3.37
	管容器						200		4.13E-04				2.14	25.25
F	一次線	2.2	9.28E-05				400		1.71E-07	2.26				0.0005
	散乱線						400	2.02E-08			1.26	1.00		0.01
	管容器						400		1.71E-07			1.60		0.02

遮へい計算例

X線TV室

遮へい計算例(各計算箇所の評価)

エックス線診療室しゃへい計算表(3) 集計結果

エックス線 診療室名		X線TV室		漏えい線量 合計	実効線量限度
装 置 名		X線TV装置			
撮 影 方 法		透視・撮影			
評価方向	エックス線 種別	漏えい線量 ($\mu\text{Sv}/3\text{月間}$)		($\mu\text{Sv}/3\text{月間}$)	($\mu\text{Sv}/3\text{月間}$)
A	一次線	5.54		248.84	1300
	散乱線	45.24			
	管容器	198.06			
B	一次線			746.09	1300
	散乱線	138.72			
	管容器	607.37			
C	一次線			1228.33	1300
	散乱線	96.03			
	管容器	1132.30			
D	一次線			567.43	1300
	散乱線	108.36			
	管容器	459.07			
E	一次線			28.62	1300
	散乱線	3.37			
	管容器	25.25			
F	一次線	0.0005		0.03	1300
	散乱線	0.01			
	管容器	0.02			

遮へい計算の留意点

施設ごとに最適な遮へい厚の提示が可能。

- ◆ 施設ごとに、X線装置の使用状況、使用条件等は異なる。
- ◆ 施設ごとに、X線診療室の大きさ、形状は異なる。



それらを考慮した上で、遮へい計算が行われるため、施設ごとに、X線診療室ごとに最適な遮へい厚を算出することができる。

遮へい計算の留意点

計算式は、放射線量の距離の逆2乗則に則っている。

例) 一次X線による漏えい放射線量の計算式

$$E_p = \frac{X \times D_t \times W \times (E / K_a) \times U \times T}{d_1^2}$$

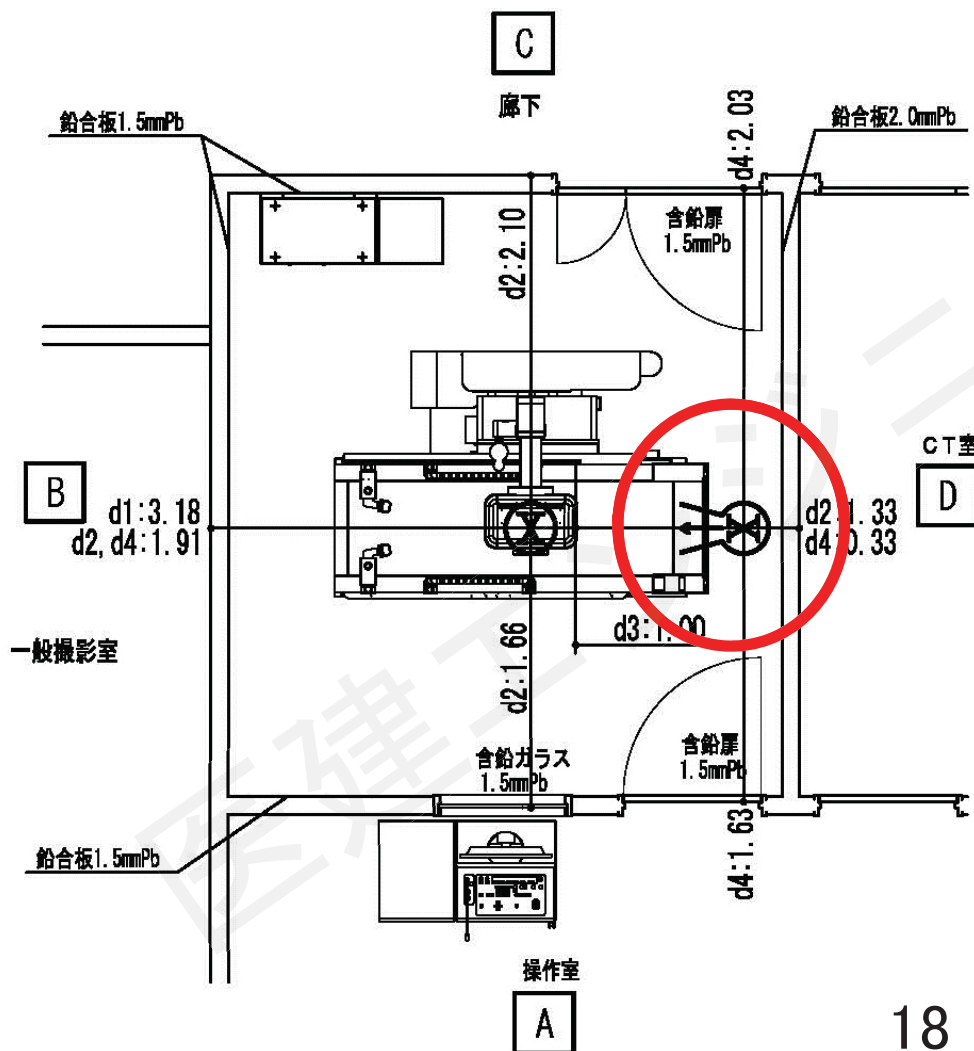
※ d_1 : 距離

距離が2倍になれば、放射線量は1/4になる。
逆に、距離が1/2になれば、放射線量は4倍になる。

遮へい計算の留意点

例) 透視用 X 線撮影装置

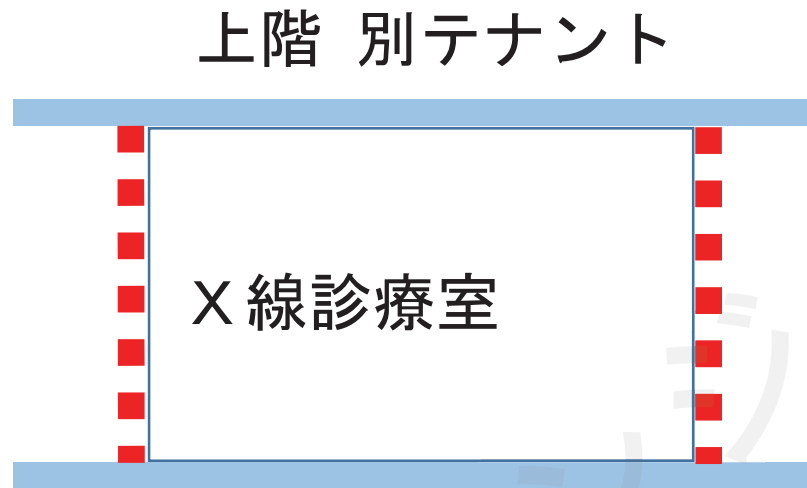
→ X 線管球が近くなる壁面に注意！



立位時の X 線管球から壁面までの距離が近い場合、線量限度を超えることがある。

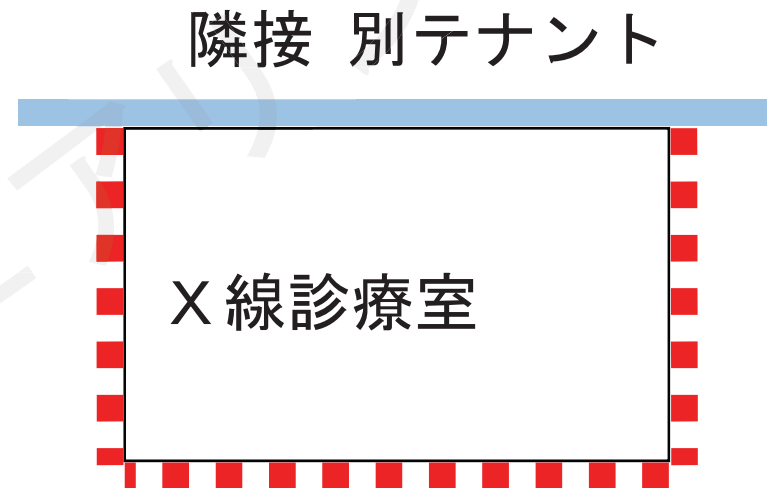
遮へい計算の留意点

上下階が別テナント、X線診療室の周囲画壁に別テナントがかかっている場合は、線量限度に注意。



下階 別テナント

敷地境界の線量限度
($250\mu\text{Sv}/3\text{月間}$)として評価



診療所内

管理区域境界の線量限度
($1.3\text{mSv}/3\text{月間}$)として評価

まとめ

遮へい計算を行うことで、

X線診療室の設計・計画段階でも漏えい放射線量を推定できる。

- ◆設計・計画段階で必要な遮へい厚を算出できる。
- ◆施設ごとに、X線診療室ごとに最適な遮へい厚を算出できる。