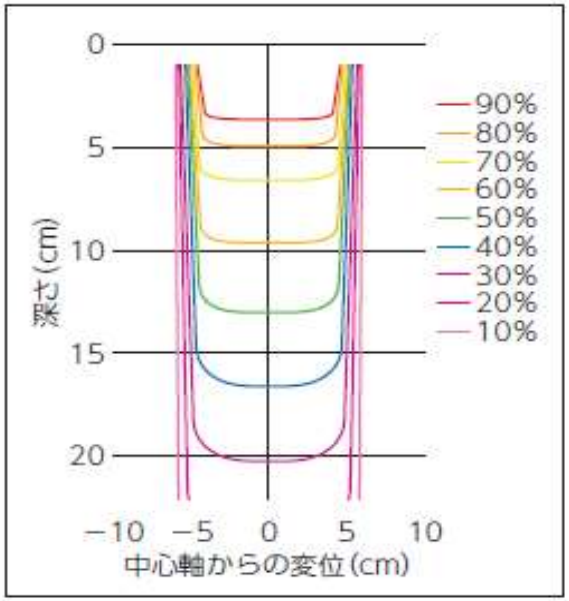
放射線治療技術学Ⅱ

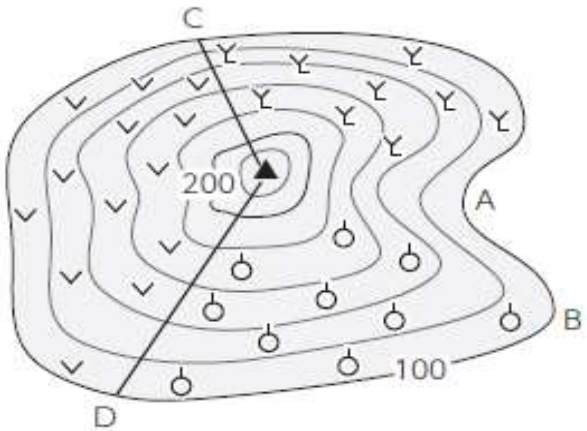
線量分布　モニタ設定値（MU値）

8　等線量曲線

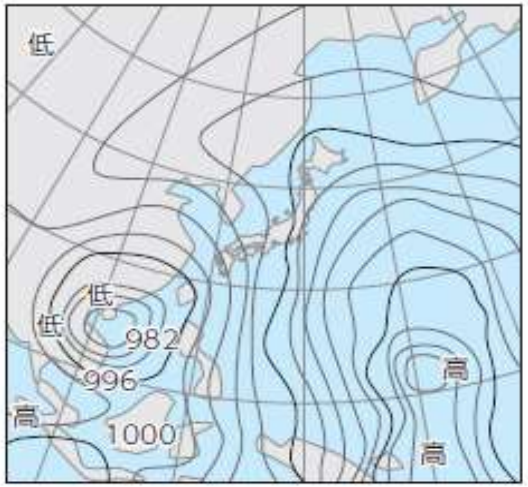
▲ 等線量曲線



a：等線量曲線



b：等高線

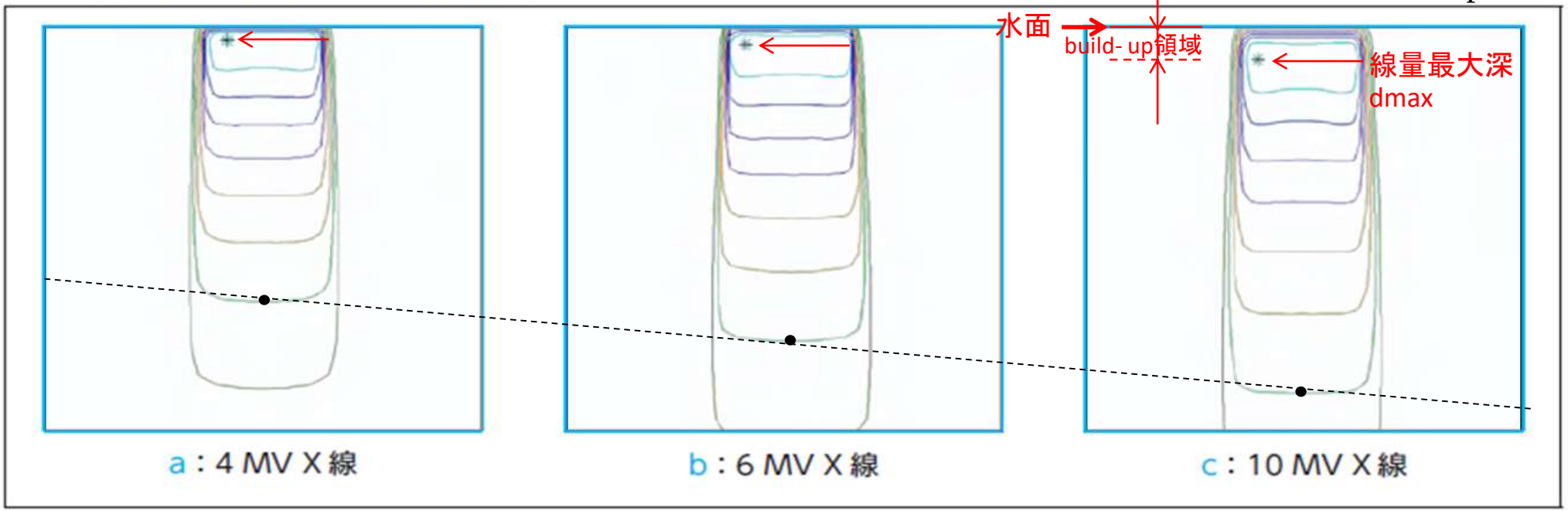


c：等圧線

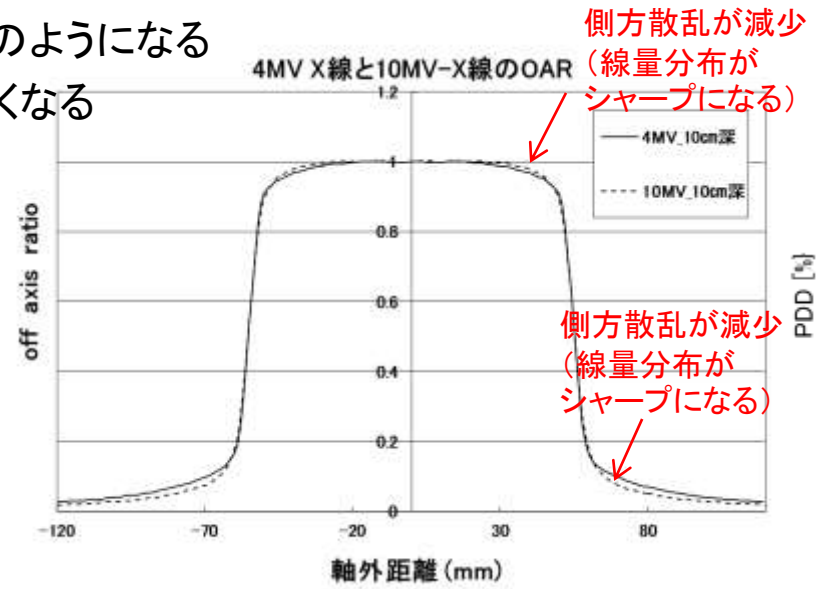
- 等線量曲線(a)は，地図における等高線(b)や気象における等圧線(c)と同様に，線量が等しい点を結んだ曲線として表される
- 等線量曲線の形状は，さまざまな因子（エネルギー/放射線の種類/照射野/*SSD*等）によって変化する
- 大気の状態や線量率には依存しない

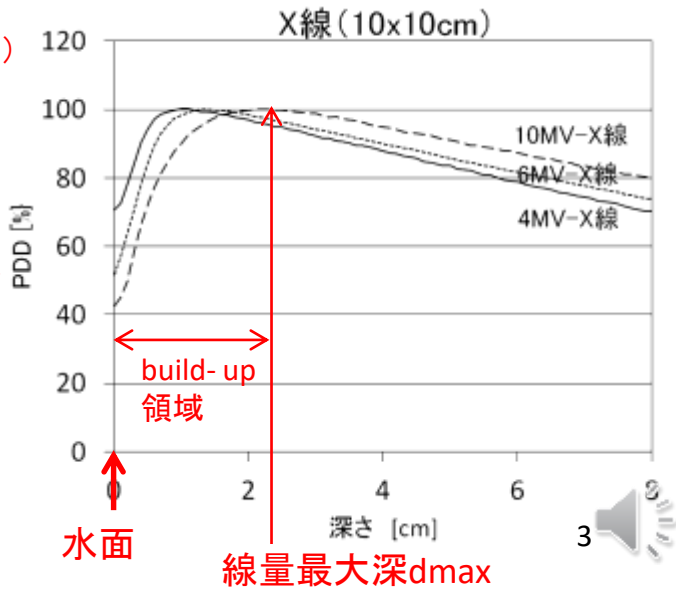
▲ エネルギーによる等線量曲線の違い

動画ではp.131と言っていますが第2版ではこのページです

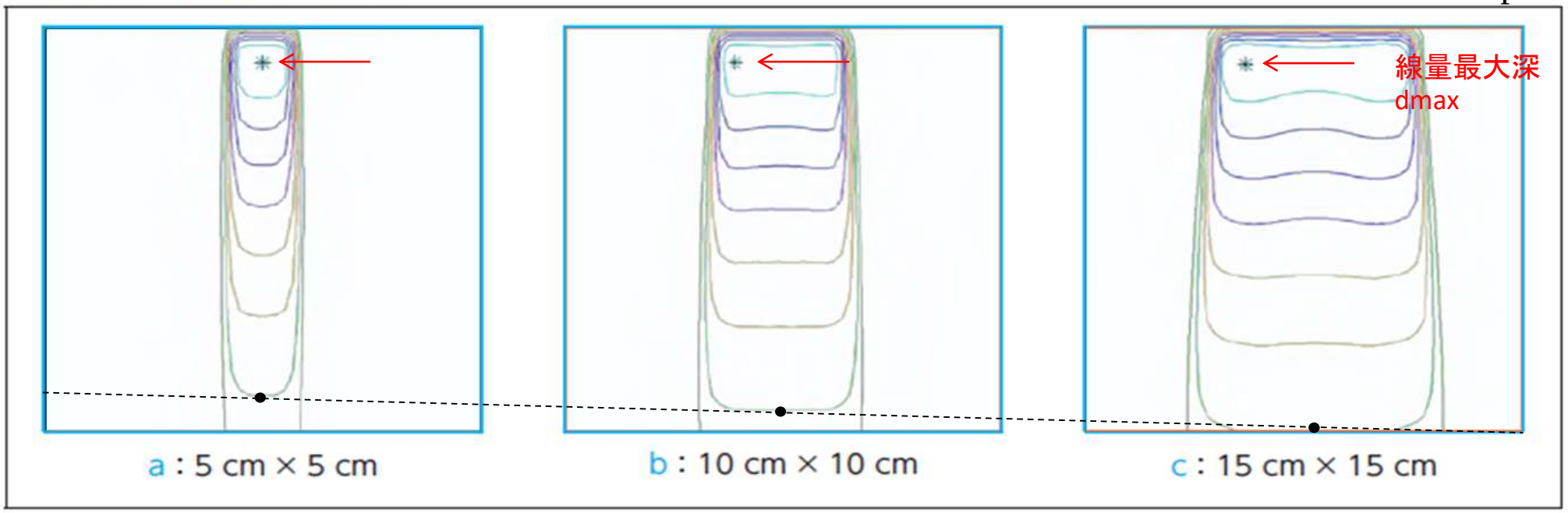


- 上図に高エネルギーX線（4 MV，6 MV，10 MV）の等線量曲線を示す
- エネルギーが高くなるほど次のようになる
  - –ビルドアップまでの深さが深くなる
  - –側方散乱が減少する
  - –線束内の平坦度が良くなる（水平に近づく）

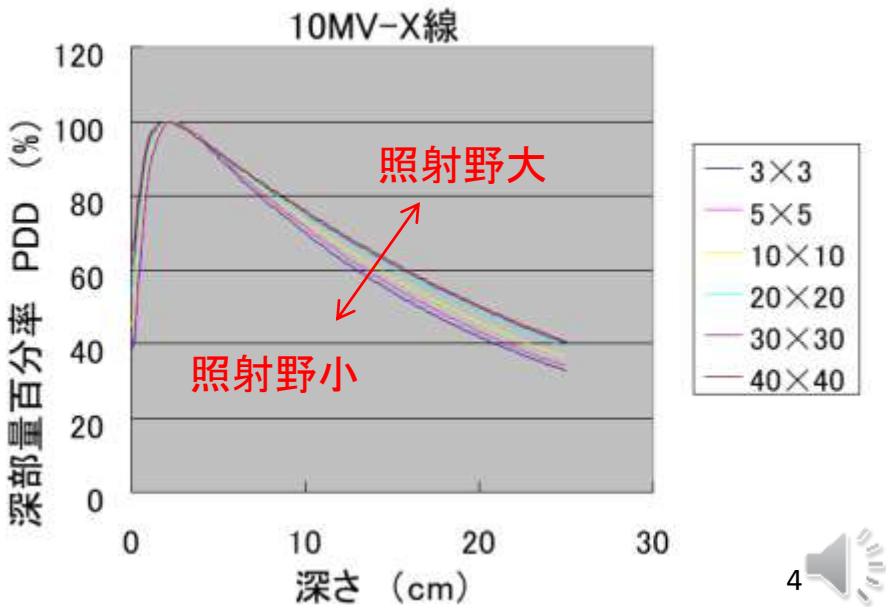




▲ 照射野による違い（X 線）



- 図に高エネルギーX線（10 MV）の等線量曲線を示す
- 照射野が大きいほど次のようになる
  - ビルドアップまでの深さが大きくなる
  - 散乱線の影響が大きくなる



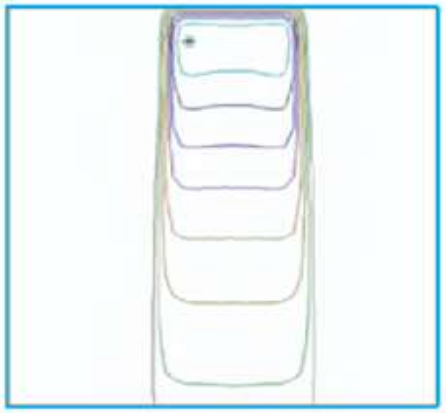
▲ ウエッジフィルタによる違い（X 線）

a：ウエッジ(−)　　b：ウエッジ(30 度)

- 図にウェッジ（ー）とウェッジ（30度）の高エネルギーX線の等線量曲線を示す
- ウェッジフィルタを使用すると，ウェッジフィルタの厚い側のビームが減弱され，等線量曲線は傾斜を示す

▲ 電子線の線量分布

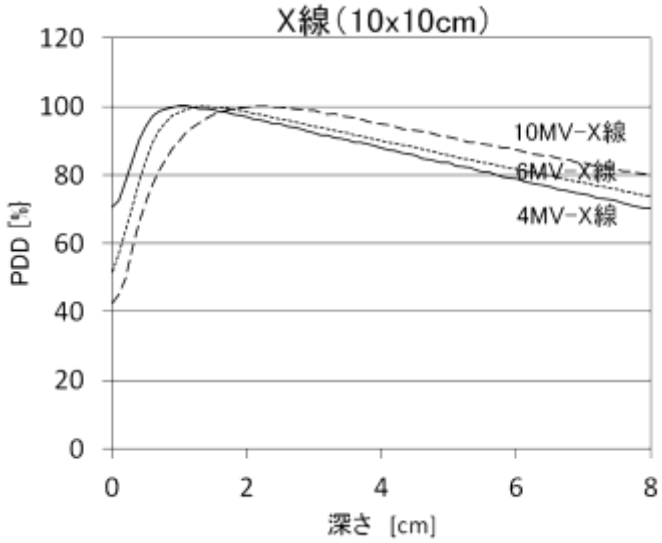
放射線の種類による違い（X 線と電子線）

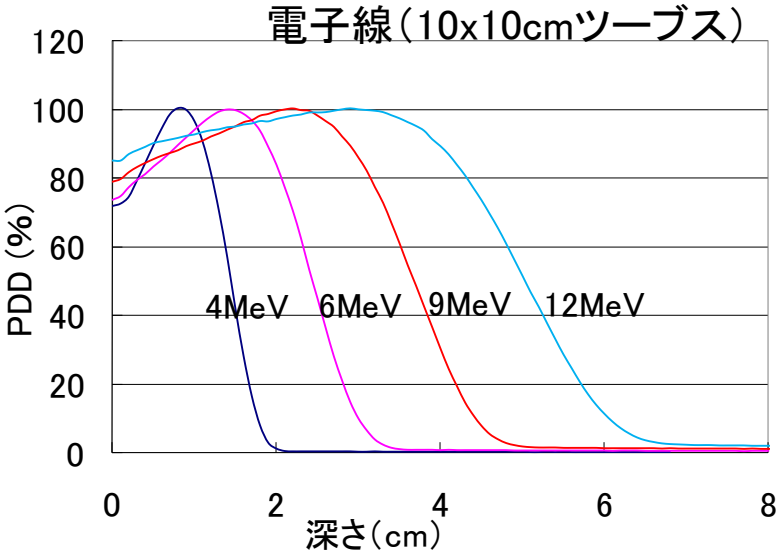


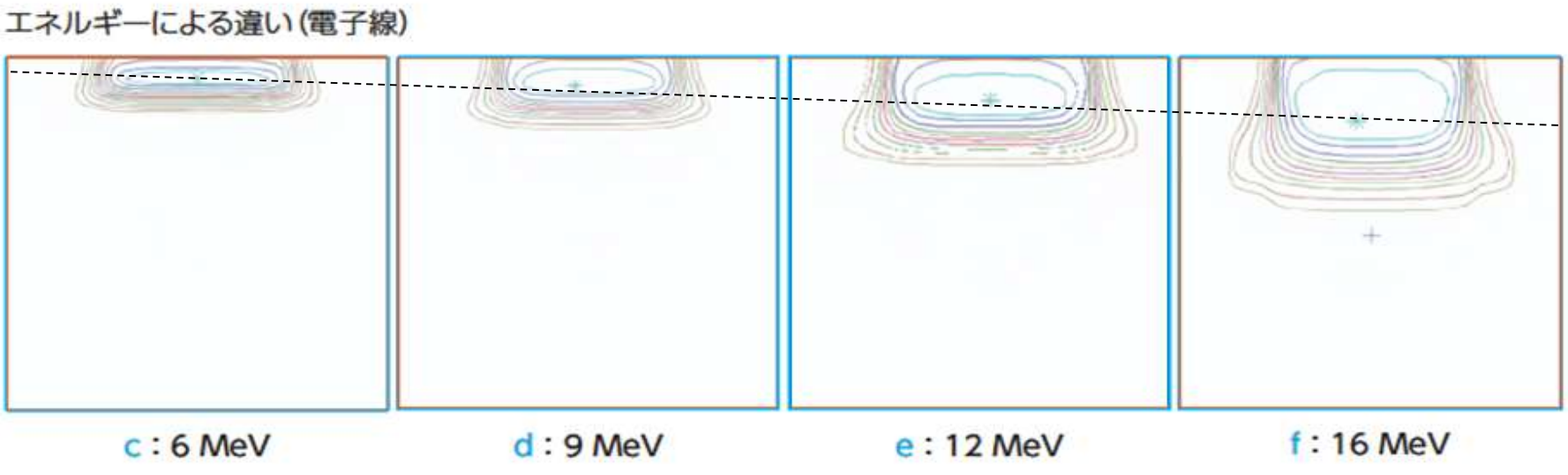
a：10 MV X 線

b：9 MeV 電子線

- (a)は10 MV-X線，(b)は9 MeV電子線の等線量曲線である．電子線(b)は，X線(a)ほど照射ビームが深くまで到達しない（飛程が短い）



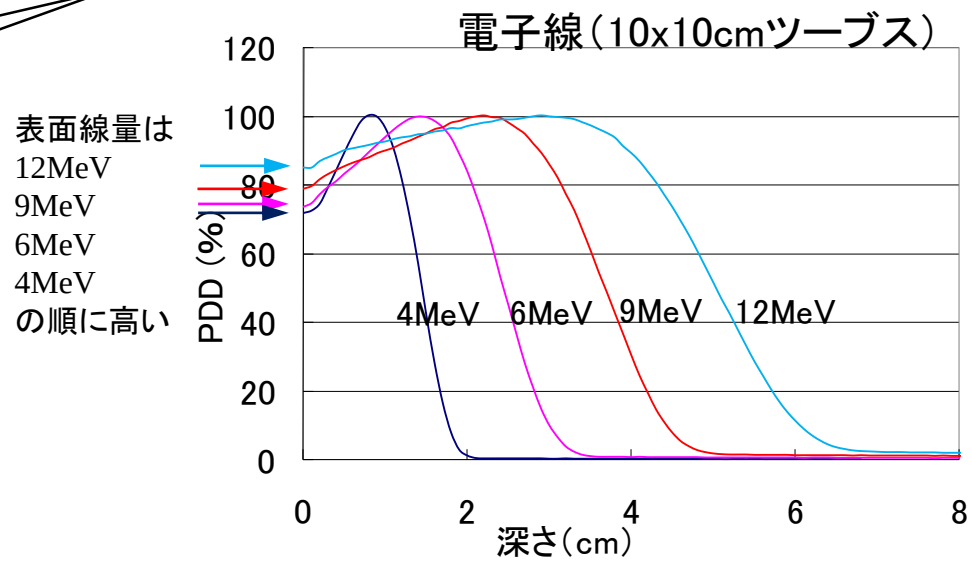


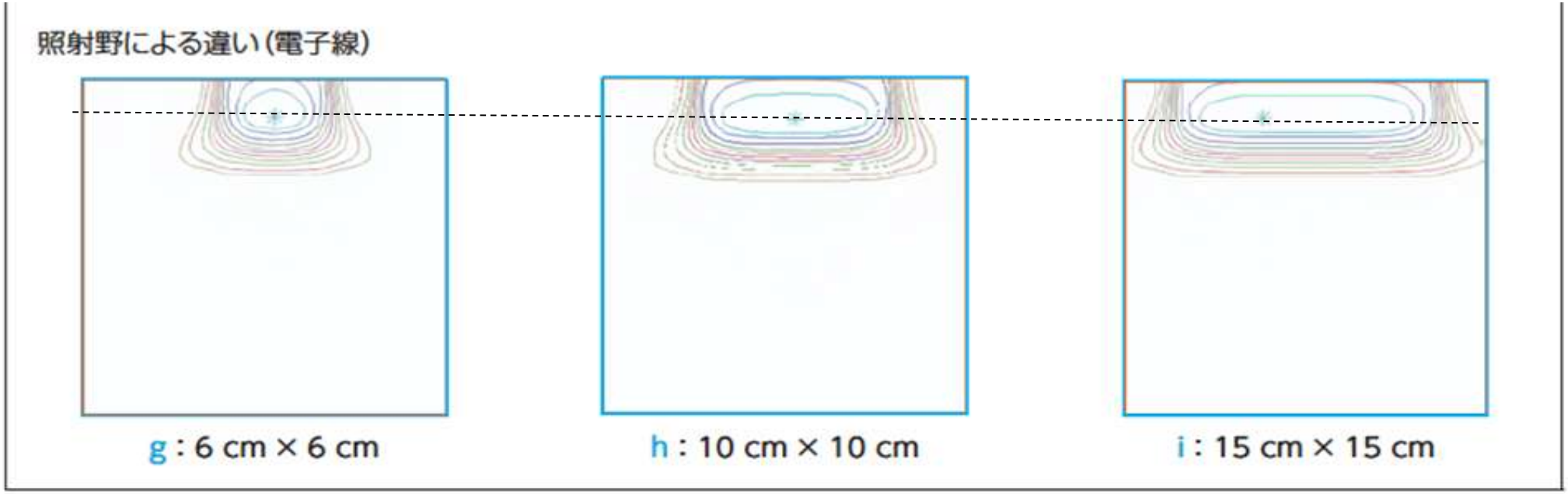


- (c)~(f)に電子線エネルギーの違いによる等線量曲線を示す．エネルギーが高くなるほど，線量最大深は深くなる．10 MeV以下では側方散乱が多いため，表面線量百分率は~~高い~~．10 MeV以上ではビルドアップ効果が減少し，皮膚線量（表面線量）が増加する

「表面線量百分率は低い」
が正しいです（右図のとおり）

動画では「表面線量百分率は高い」
と言っていますが、間違いです

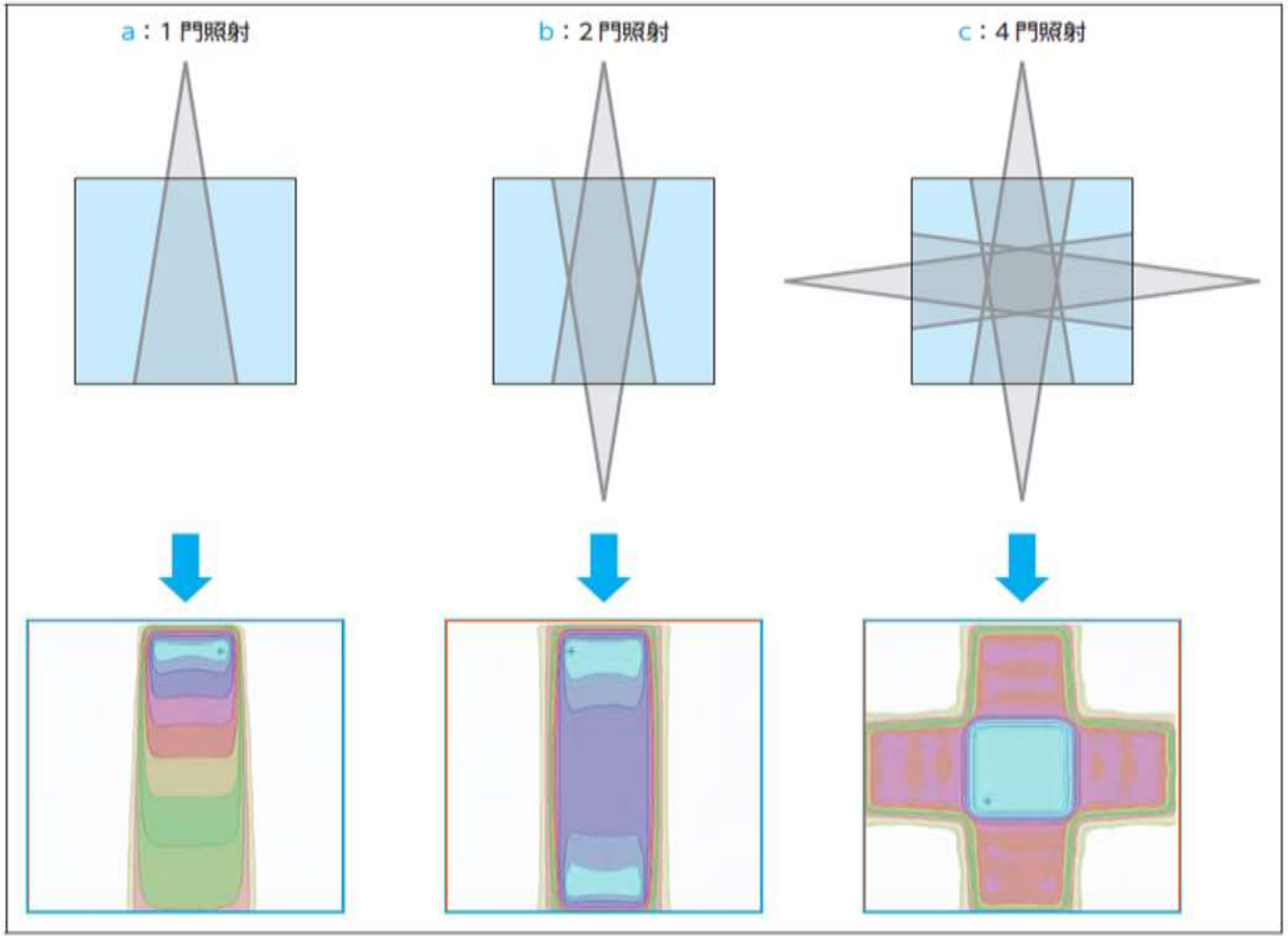




- (g)～(i)に照射野の違いによる等線量曲線を示す.
- 照射野が大きくなると線量最大深および線量半価深は深くなり，散乱線の影響も大きくなる

9 線量分布

▲ 線量分布とは

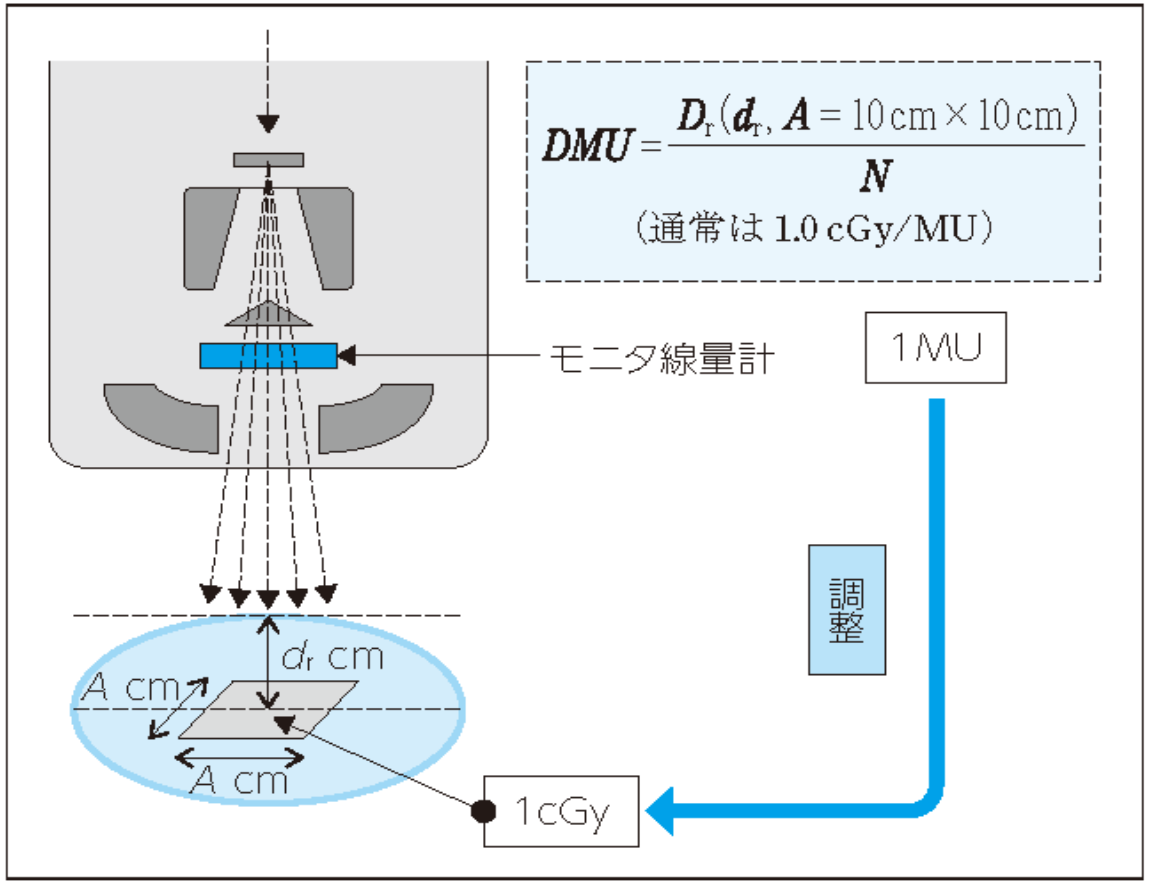


- 一般に等線量曲線の集合（合成）によって得られる分布を線量分布と呼ぶ
- 線量分布は各種条件（照射条件/エネルギー/照射野等）で変化する
- (a)～(c)は均一な水ファントムにビームを照射した際の線量分布を示している

- (a)は1方向（上→下）から照射した場合の線量分布
- (b)は2方向から照射した場合の線量分布．2門照射では1門照射に比べて各方向からの等線量曲線が合成されるため中心近傍の線量分布が均一になる
- (c)は4方向から照射した場合の線量分布．4門照射では各方向からの等線量曲線が合成される．2門照射に比べてファントム中心に線量が集中し，その線量分布は均一になる

10　モニタ設定値（monitor unit：モニタユニット値・MU 値）

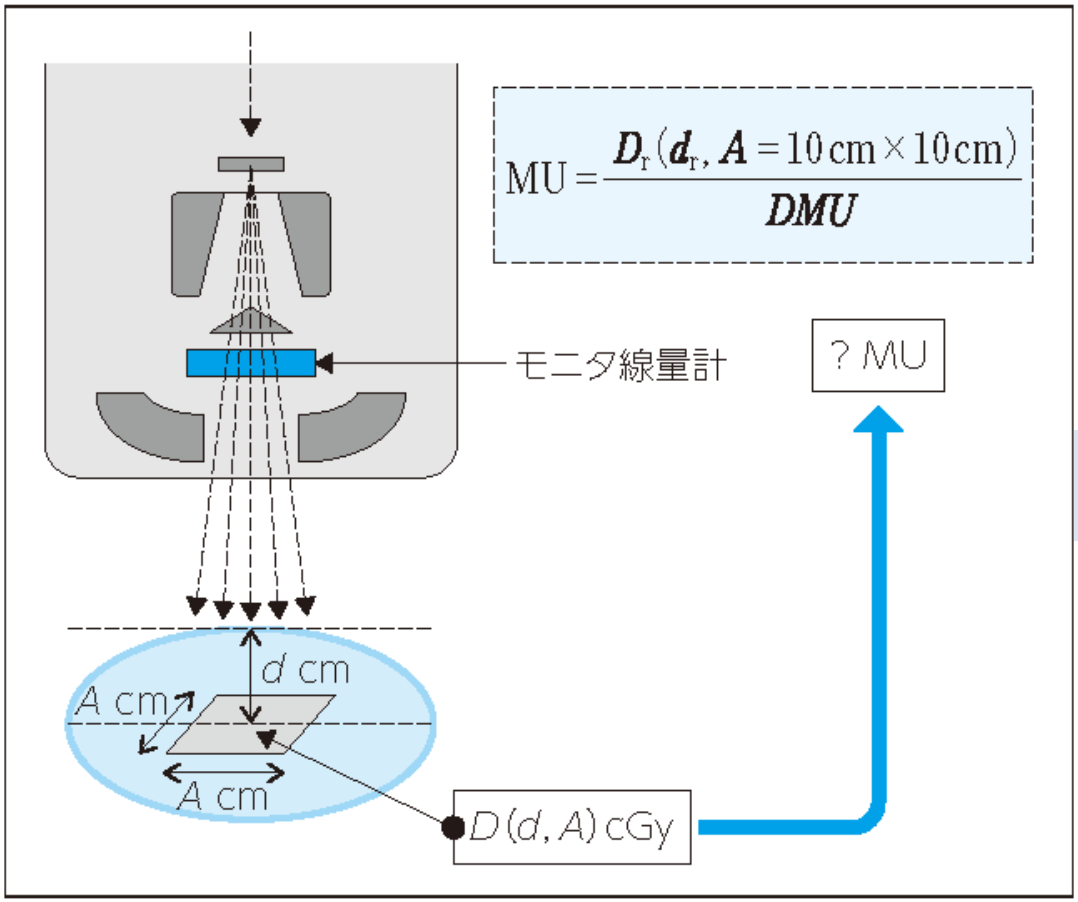
▲ MU 値と *DMU*



- モニタ設定値（モニタユニット値，MU値）とは，リニアックからの出力の尺度であり，*N*と表記される
- MU値はモニタ線量計で制御される
- 基準照射野（10cm × 10cm）における基準深吸収線量$D(d_r, A=10\mathrm{cm} \times 10\mathrm{cm})$をMU値（*N*）で除した値を*DMU*（dose monitor unit）と呼び，通常は*DMU*=1 cGy/MUとする
- ただし，様々な条件（温度，気圧など）によってリニアックの出力は変動するため，実際には*DMU*＝0.995 cGy/MUなどの値をとる
- そのため，*DMU*=1cGy/MUとなるようにユーザーが定期的に調整を行う

「モニタ線量計の校正」という

▲ MU 値の算出



- 任意（深さd，照射野Acm×Acm）の条件下における計画線量を$D(d, A)$とした場合のMU値は，基準深吸収線量$D(d_r, A$=10cm×10cm)から算出する

- 上記の条件における基準深吸収線量$D(d_r, A$=10cm×10cm）は，

$$D(d_r, A = 10\text{cm} \times 10\text{cm}) = \frac{D(d, A)}{TMR(d, A) \times OPF(d_r, A) \times otherfactor}$$

で求められる

- 上記で求めた基準深吸収線量の$D(d_r, A$=10cm×10cm）をDMUで除することでMU値を算出する

$$N[\text{MU}] = \frac{D(d_r, A = 10\text{cm} \times 10\text{cm})}{DMU} = \frac{\left(\frac{D(d, A)}{TMR(d, A) \times OPF(d_r, A) \times otherfactor}\right)}{DMU} = \frac{D(d, A)}{DMU \times TMR(d, A) \times OPF(d_r, A) \times otherfactor}$$

相対線量を利用した吸収線量の計算（SAD一定法）

- SAD一定で校正深吸収線量$D(d_c, A)$を測定し、基準深吸収線量$D(d_r, A)$を求めるには？

TMRの定義から任意の深さd で照射野Aにおける吸収線量を$D(d,A)$とするとき

$$TMR(d, A) = \frac{D(d, A)}{D(d_r, A)}$$

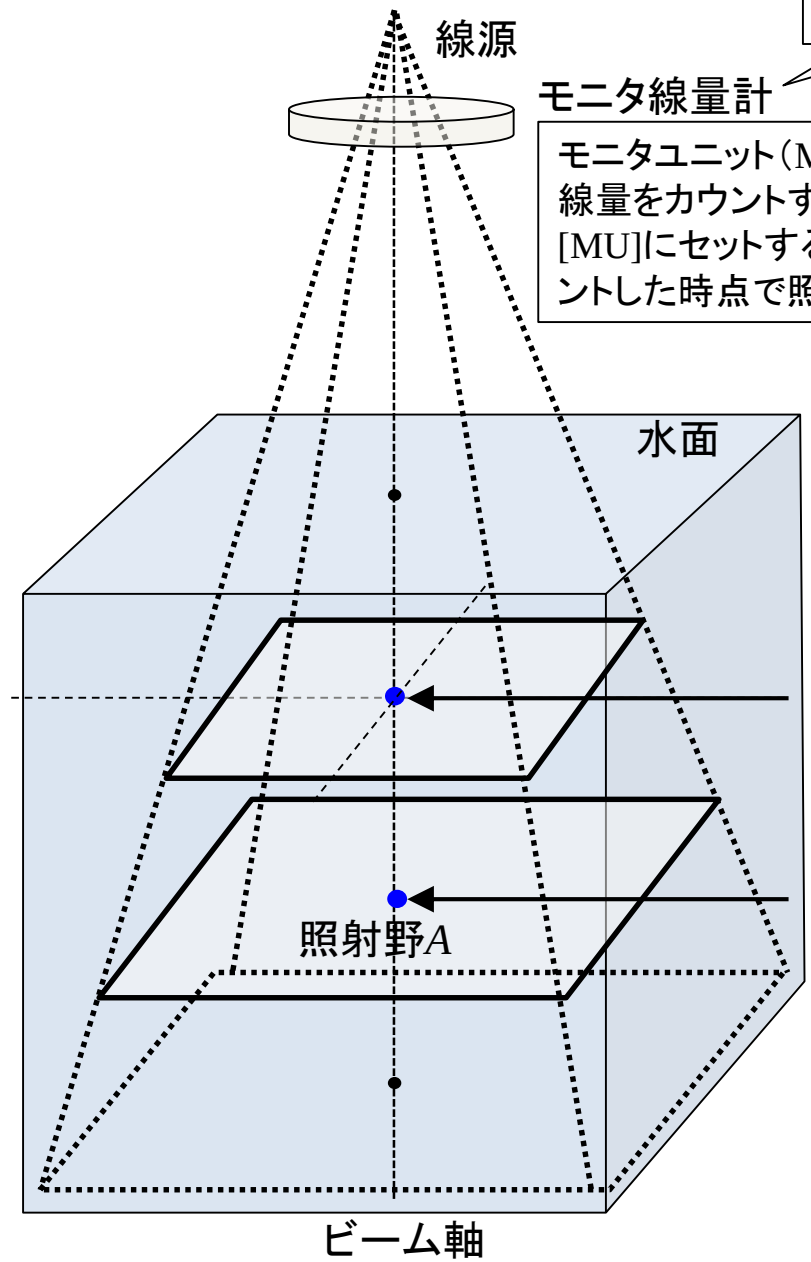
式(1)
$$D(d_r, A) = \frac{D(d, A)}{TMR(d, A)}$$

X線の校正深d_c=10cmで照射野Aにおける吸収線量$D(d_c, A)$と$TMR(d_c, A)$が分かっていると

$$D(d_r, A) = \frac{D(d_c, A)}{TMR(d_c, A)}$$

式(1)を変形して任意の深さd で照射野Aにおける吸収線量を$D(d,A)$の式に直すと、

式(2)
$$D(d, A) = D(d_r, A) \times TMR(d, A)$$



Gyを単位として
カウントできない

モニタユニット（MU）を単位として線量をカウントする．目標値をN [MU]にセットするとN [MU]をカウントした時点で照射を停止する

相対線量を利用した吸収線量の計算（SAD一定法）

- 基準深d_rで照射野による線量変化を基準照射野A=10cm×10cmに対する比の出力係数$OPF(d_r, A)$とすると

$$OPF(d_r, A) = \frac{D(d_r, A)}{D(d_r, 10\times10)}$$

式(3) $$D(d_r, A) = D(d_r, 10\times10)\times OPF(d_r, A)$$

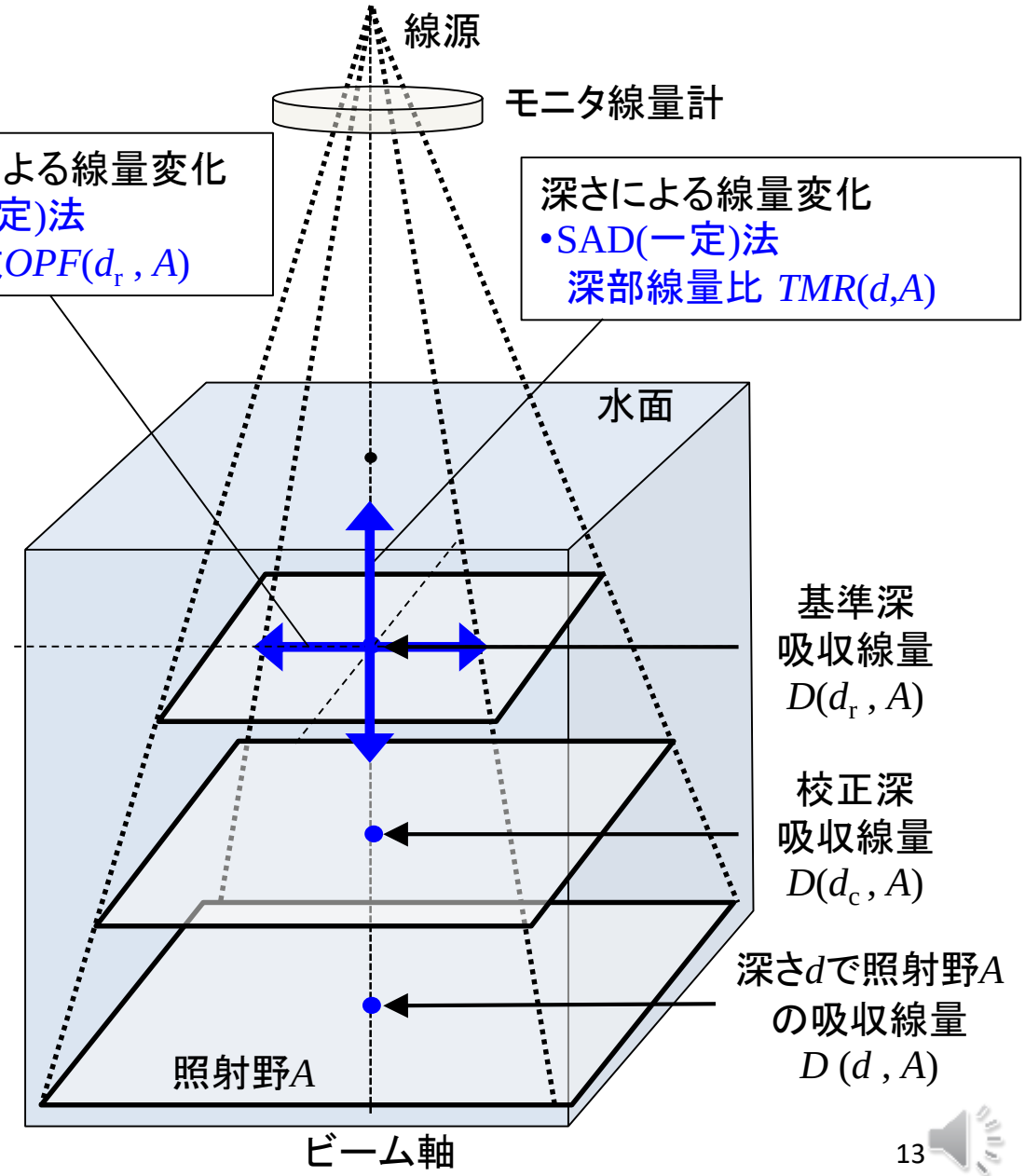
式(2)と式(3)から任意の深さdで照射野Aにおける吸収線量$D(d, A)$は次式で求められる

式(4) $$D(d, A) = D(d_r, 10\times10)\times OPF(d_r, A)\times TMR(d, A)$$

この式から、
① $TMR(d,A)$と$OPF(d_r, A)$はあらかじめ測定する
②基準深吸収線量$D(d_r, 10\times10)$は一定値にするならば、$D(d, A)$は計算で求められる

- <u>モニタ線量計の校正</u>

通常は1 MU当たりの基準深吸収線量（DMU）は
$DMU = D(d_r, 10\times10) = 1.0$ [cGy/MU]
の一定値としてモニタ線量計を調整する



相対線量を利用した吸収線量の計算

- *TMR*, *OPF*(※1)などのデータを利用すると，任意の深さと照射野サイズにおける吸収線量は以下の式から計算で求められる

（SSD一定法）
$$D(d, A_0) = DMU \times OPF(d_r, A_0) \times PDD(d, A_0)$$

（SAD一定法）
$$D(d, A) = DMU \times OPF(d_r, A) \times TMR(d, A)$$

- *DMU*が一定値(※2)に校正されていると、モニタ線量計の設定値を*N* [MU]にセットして照射するときの吸収線量は

（SSD一定法）
$$D(d, A_0) = N \times DMU \times OPF(d_r, A_0) \times PDD(d, A_0) \quad \text{式（5）}$$

（SAD一定法）
$$D(d, A) = N \times DMU \times OPF(d_r, A) \times TMR(d, A) \quad \text{式（6）}$$

（※1）*TMR*,*OPF*はビーム軸上で測定するデータのため、中心軸以外の点での吸収線量は計算できない
（中心軸以外の点では*OAR*などが必要になる）

（※2）*DMU*は基準照射野10 cm×10 cmで1.0 [cGy/MU]になるようにモニタ線量計を校正する
（SSD一定）$DMU = D(d_r, A_0 = 10 \times 10) = 1.0$ [cGy/MU]
（SAD一定）$DMU = D(d_r, A = 10 \times 10) = 1.0$ [cGy/MU]

相対線量を利用したモニタ設定（MU）値の計算

- ある点に計画線量D [Gy]を投与するときモニタ線量計にセットするMU値は、前ページの式（5）と式（6）を変形して、

（SSD一定法）

$$N \quad [\mathrm{MU}] = \frac{D(d, A_0)}{DMU \times OPF(d_\mathrm{r}, A_0) \times PDD(d, A_0)}$$

（SAD一定法）

$$N \quad [\mathrm{MU}] = \frac{D(d, A)}{DMU \times OPF(d_\mathrm{r}, A) \times TMR(d, A)}$$

- さらにOAR, WF, TFを考慮すると

（SSD一定法）

$$N \quad [\mathrm{MU}] = \frac{D(d, A_0)}{DMU \times OPF(d_\mathrm{r}, A_0) \times PDD(d, A_0) \times OAR(d, A_0) \times WF \times TF}$$

（SAD一定法）

$$N \quad [\mathrm{MU}] = \frac{D(d, A)}{DMU \times OPF(d_\mathrm{r}, A) \times TMR(d, A) \times OAR(d, A) \times WF \times TF}$$

DMU：1MU当たりの基準深吸収線量（通常は1.0 cGy/MUに調整されている）
OAR ：軸外線量比，ビーム軸上の点のときは1にする
WF：くさび係数，TF：トレイ係数（くさびフィルタ，シャドウトレイを使用しないときWFとTFは何れも1にする）

【問題】

あるリニアックで、あらかじめ測定で

$TMR(10,10\times10)=0.841$,

$TMR(20,10\times10)=0.621$,

$OPF\ (d_r,10\times10)=1.0$

が分かっている.

モニタ線量計に200 MUを設定して

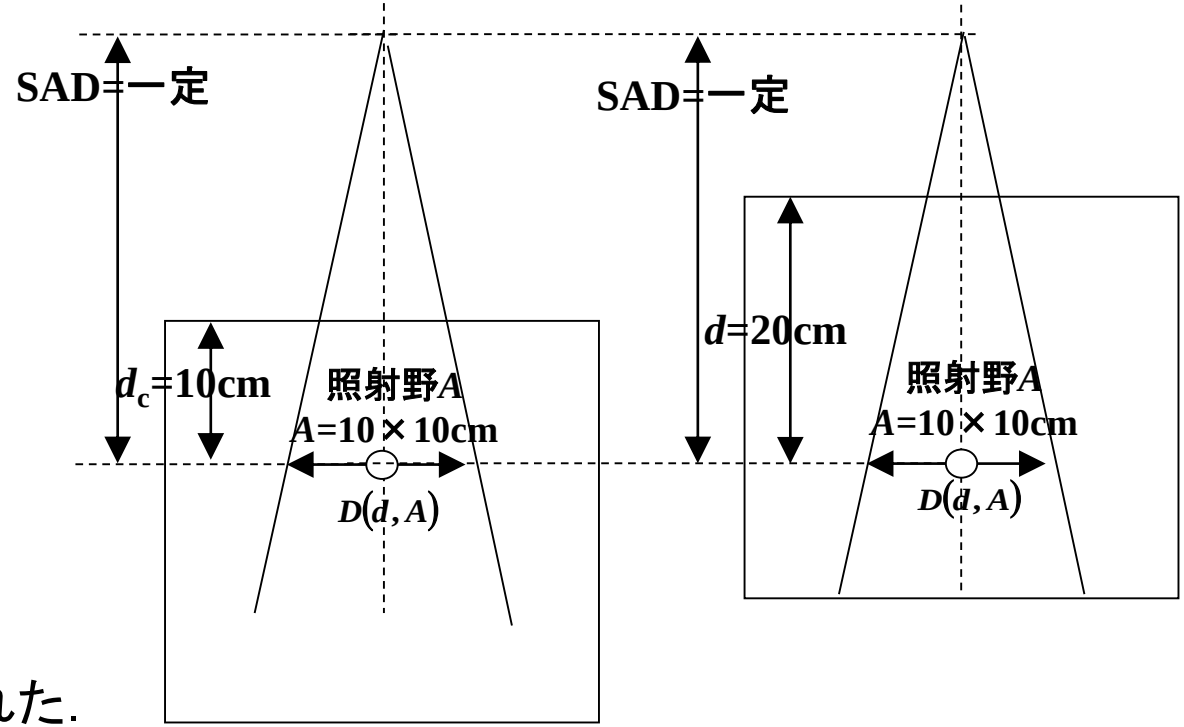
照射し，校正深吸収線量の

$D(d_c,\ 10\times10)=1.678$ Gy が測定された.

20 cm深で照射野10 cm×10 cmの点

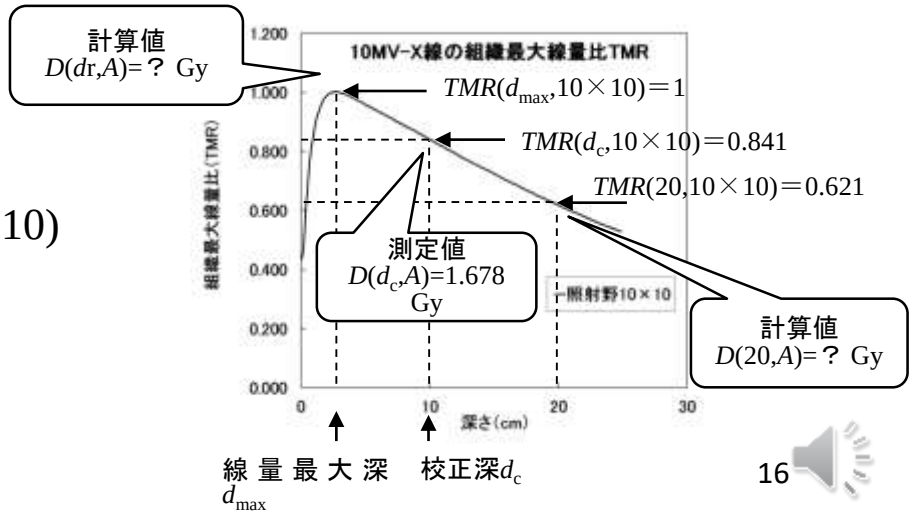
の吸収線量$D(20\ ,\ 10\times10)$を求めなさい

【答え】



【別解】0.841：0.621=1.678 Gy：x

よって，　x = 1.239 Gy



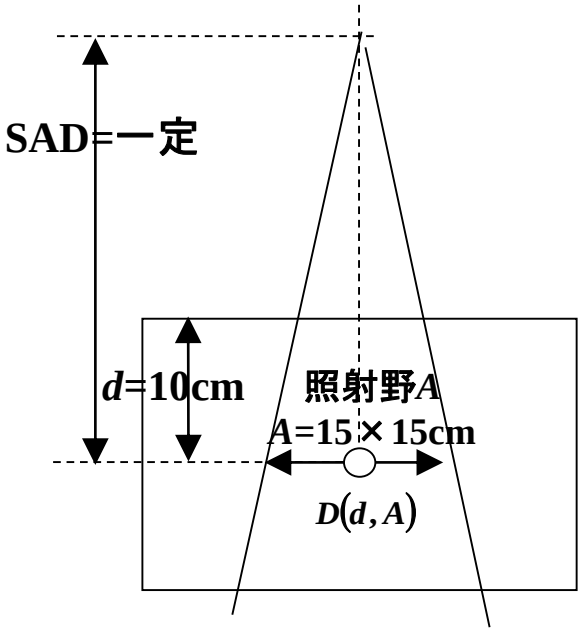
$$D(20,10\times10)=D(d_r,10\times10)\times OPF(d_r,10\times10)\times TMR(20,10\times10)$$

$$=\frac{D(d_c,10\times10)}{TMR(d_c,10\times10)}\times OPF(d_r,10\times10)\times TMR(20,10\times10)$$

$$=\frac{1.678\text{Gy}}{0.841}\times1.0\times0.621=1.995\text{Gy}\times1.0\times0.621=1.239\text{Gy}$$

【例題２】

10MV X線を用いて，SAD＝100 cm一定，
照射野15×15 cm，ビーム軸上で深さ10 cmの
病巣（標的基準点）に2.0 Gyを1門で照射する場合で，
TMR（10，15×15）は0.860，*OPF*（d_r,15×15）は1.030，
DMU＝1.0 cGy/MUに調整されているときの，
モニタ設定値（MU）を計算してください



【答え】

$$\text{MU値} = \frac{D(d, A)}{DMU \times OPF(d_r, A) \times TMR(d, A)}$$

$$= \frac{200 \quad \text{cGy}}{1.0 \quad \text{cGy/MU} \times 1.030 \times 0.860} = 225.78 = 226\text{MU}$$

例題 4

10 MV の治療用 X 線を用いて，体厚 20 cm の中心にある病巣に対して前後対向 2 門照射を実施する。1 回線量 2 Gy で照射する場合，1 門あたりのモニタユニット値（MU 値）はいくらか。ここで，深さ 10 cm の *TMR*=0.80，*DMU*=1 cGy/MU とする。

☞模範解答は 182 ページ

↓ 照射野サイズ*A* と出力係数*OPF*が書いてないので問題文は誤り。

「ここで，深さ10cmで照射野*A*=10cm×10cmの*TMR*(10, 10×10)は0.80,
出力係数*OPF*(d_r,10×10)=1.0　，*DMU*＝1 cGy/MUとする。」

【解答】

1門当たりの計画線量*D*(*d* , *A*)は2 Gy/2門 = 1 Gy =100 cGyである

よって1門当たりのMU値は,

$$\text{MU値} = \frac{D(d, A)}{DMU \times OPF(d_r, A) \times TMR(d, A)}$$

$$= \frac{100 \quad \text{cGy}}{1.0 \quad \text{cGy/MU} \times 1.0 \times 0.8} = 125\text{MU}$$

解答：

例題 5

6 MV の治療用 X 線を用いて，上顎癌に対するウェッジを使用した直交 2 門照射を実施する。深さ 9 cm，照射野 7 cm×8 cm の点に 1 回線量 2 Gy で照射する場合，1 門あたりのモニタユニット値（MU 値）はいくらか。ここで，*WF*＝0.65，*TMR*＝0.81，*OPF*＝0.95，*DMU*＝1 cGy/MU とする。

☞模範解答は 183 ページ

【解答】
1門当たりの計画線量$D(d, A)$は2 Gy/2門 = 1 Gy =100 cGyである
よって1門当たりのMU値は，

$$\text{MU値} = \frac{D(d, A)}{DMU \times OPF(d_r, A) \times TMR(d, A) \times WF}$$

$$= \frac{100 \quad \text{cGy}}{1.0 \quad \text{cGy/MU} \times 0.95 \times 0.81 \times 0.65} = 200\text{MU}$$

解答：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

例題 6

体厚 22 cm の中心にある病巣に対し，対向 2 門照射で前方：後方＝2：1 で 3 Gy を照射する。ICRU 基準点における前方と後方の各モニタユニット値（MU 値）はいくらか。照射野は 12 cm×12 cm，*TMR*(11，12×12)＝0.770，*DMU*＝1 cGy/MU とする。

☞模範解答は 183 ページ

この問題は*OPF*が書いてないので誤り。
照射野は12×12なので*OPF* > 1になる。仮に*OPF*=1.08とする。

「*TMR*(11, 12×12)=0.770, *OPF*(d_r, 12×12)=1.08，*DMU*=1.0 cGy/MUとする。」

【解答】
前方：後方＝2：1で合計3 Gyということなので，
前方の1門当たりの計画線量*D*(*d* , *A*)は2 Gy =200 cGyである
後方の1門当たりの計画線量*D*(*d* , *A*)は1 Gy =100 cGyである
TMR(11，12×12)=0.770，*OPF*(d_r，12×12)=1.08，*DMU*= 1.0 cGy/MUのとき，MU値は以下となる

解答：前方 240 後方 120

$$\text{前方1門当たりMU値} = \frac{D(d,A)}{DMU \times OPF(d_r,A) \times TMR(d,A)} = \frac{200\ \text{cGy}}{1.0\ \text{cGy/MU} \times 1.08 \times 0.77} \fallingdotseq 240\text{MU}$$

$$\text{後方1門当たりMU値} = \frac{D(d,A)}{DMU \times OPF(d_r,A) \times TMR(d,A)} = \frac{100\ \text{cGy}}{1.0\ \text{cGy/MU} \times 1.08 \times 0.77} \fallingdotseq 120\text{MU}$$

【例題6】(修正)

体厚22 cmの中心にある病巣に対し，対向2門照射で前方：後方＝2：1で3 Gyを照射する。ICRU基準点における前方と後方の各モニタユニット値（MU値）はいくらか。

照射野は10 cm×10 cm，*TMR*（11，10×10）＝0.770，*DMU*=1.0 cGy/MUとする

【答え】

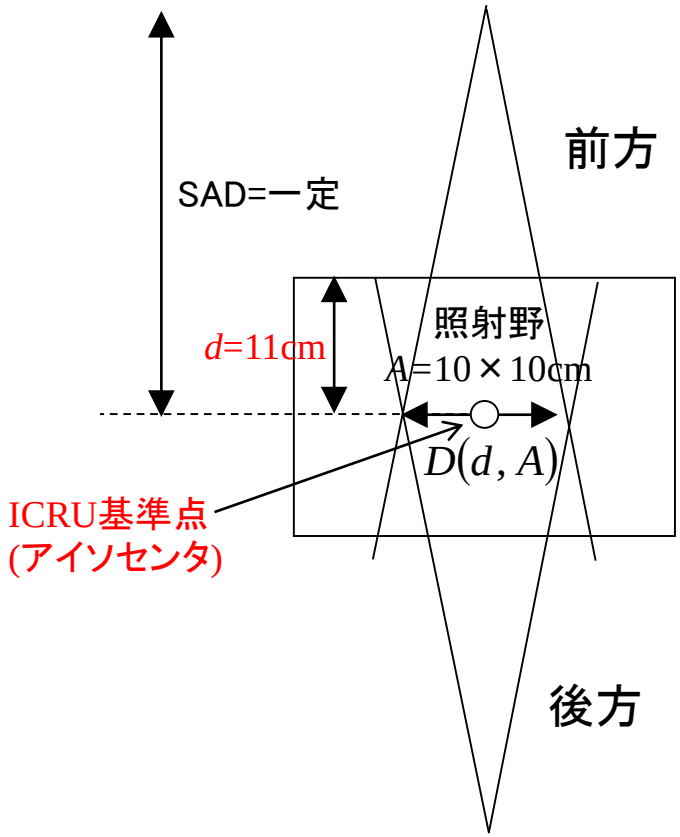
前方は2Gy，後方は1Gyの線量配分で，
照射野は10cm×10cmなので
出力係数$OPF(d_r, 10\times10)=1$と考える.

$$\text{前方のMU値} = \frac{D(d,A)}{DMU \times OPF(d_r,A) \times TMR(d,A)}$$

$$= \frac{200 \quad \text{cGy}}{1.0 \quad \text{cGy/MU} \times 1.0 \times 0.77} = 260 \quad \text{MU}$$

$$\text{後方のMU値} = \frac{D(d,A)}{DMU \times OPF(d_r,A) \times TMR(d,A)}$$

$$= \frac{100 \quad \text{cGy}}{1.0 \quad \text{cGy/MU} \times 1.0 \times 0.77} = 130 \quad \text{MU}$$



X線治療の相対線量の実際

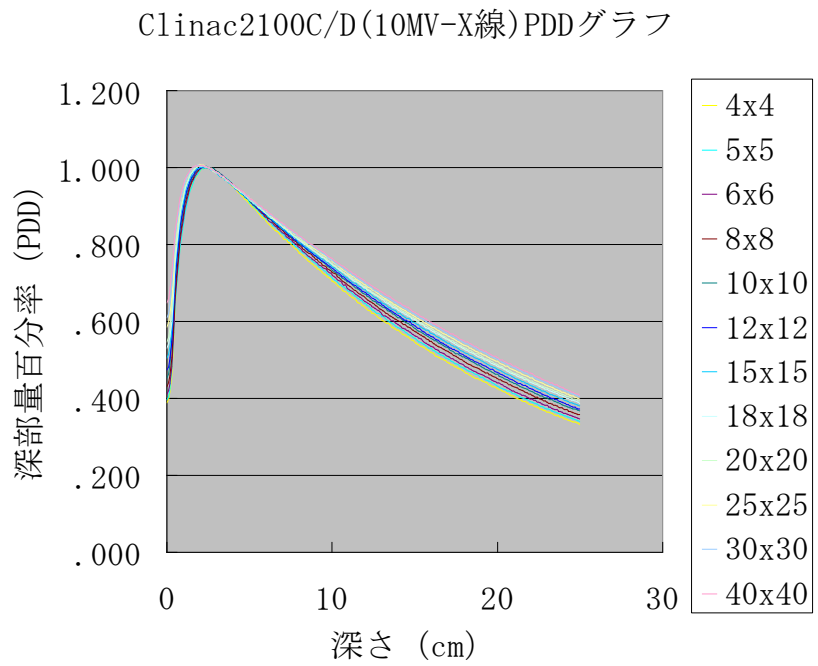
（1）深部量百分率*PDD*

- 水位を変えずに電離箱を深さ方向に移動して*PDD*を測定する
- 三次元水ファントムスキャナと制御ソフトを使用する

Clinac2100C/D 10MV-X PDD

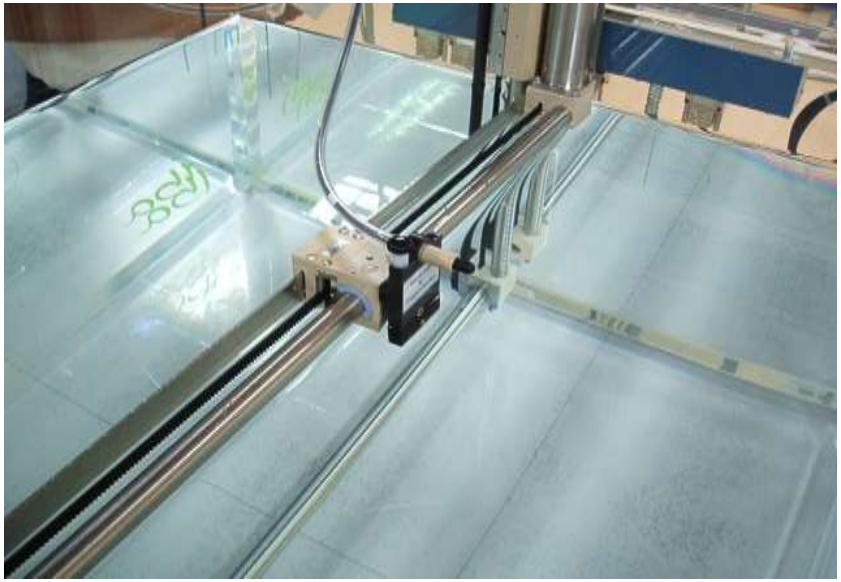
DEPTH	4x4	5x5	6x6	8x8	10x10	12x12	15x15	20x20	25x25	30x30	40x40
0	.389	.397	.411	.431	.453	.474	.505	.547	.585	.610	.648
0.5	.631	.637	.649	.668	.699	.706	.730	.770	.795	.810	.833
1	.863	.856	.870	.882	.893	.901	.913	.931	.947	.947	.959
1.5	.954	.950	.962	.966	.971	.975	.980	.987	.996	.995	.998
2	.990	.992	.995	.998	.999	.997	1.002	1.003	1.008	1.004	1.006
2.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	.990	.989	.991	.991	.990	.988	.985	.985	.987	.986	.989
3.5	.972	.975	.973	.974	.974	.972	.968	.972	.973	.972	.972
4	.950	.953	.955	.953	.955	.954	.952	.952	.955	.954	.956
4.5	.927	.931	.936	.935	.935	.934	.932	.936	.938	.938	.941
5	.906	.908	.916	.916	.914	.916	.915	.916	.921	.920	.922
6	.859	.866	.871	.875	.875	.878	.879	.880	.886	.885	.890
7	.819	.829	.831	.837	.840	.840	.840	.847	.853	.852	.856
8	.777	.788	.794	.799	.802	.805	.806	.814	.819	.820	.822
9	.743	.751	.756	.762	.770	.770	.773	.781	.787	.790	.794
10	.706	.713	.721	.727	.735	.739	.743	.749	.757	.759	.764
11	.670	.679	.684	.693	.703	.705	.710	.719	.722	.728	.733
12	.636	.646	.652	.661	.670	.676	.682	.690	.695	.700	.704
13	.604	.613	.619	.630	.639	.644	.650	.661	.665	.671	.677
14	.577	.584	.591	.601	.610	.616	.622	.633	.639	.644	.650
15	.546	.556	.563	.574	.582	.589	.597	.608	.613	.618	.624
16	.519	.530	.535	.548	.556	.562	.570	.583	.587	.593	.598
17	.494	.503	.510	.523	.532	.536	.544	.556	.562	.567	.574
18	.470	.479	.485	.496	.508	.512	.520	.532	.539	.545	.549
19	.448	.456	.463	.474	.483	.490	.498	.511	.517	.523	.528
20	.426	.433	.441	.452	.462	.468	.475	.488	.496	.502	.506
21	.404	.412	.420	.430	.439	.446	.455	.466	.474	.480	.484
22	.384	.391	.399	.411	.420	.425	.434	.445	.453	.459	.466
23	.365	.373	.382	.391	.401	.406	.415	.427	.434	.440	.445
24	.348	.356	.362	.373	.383	.388	.396	.410	.416	.423	.427

d_{max}

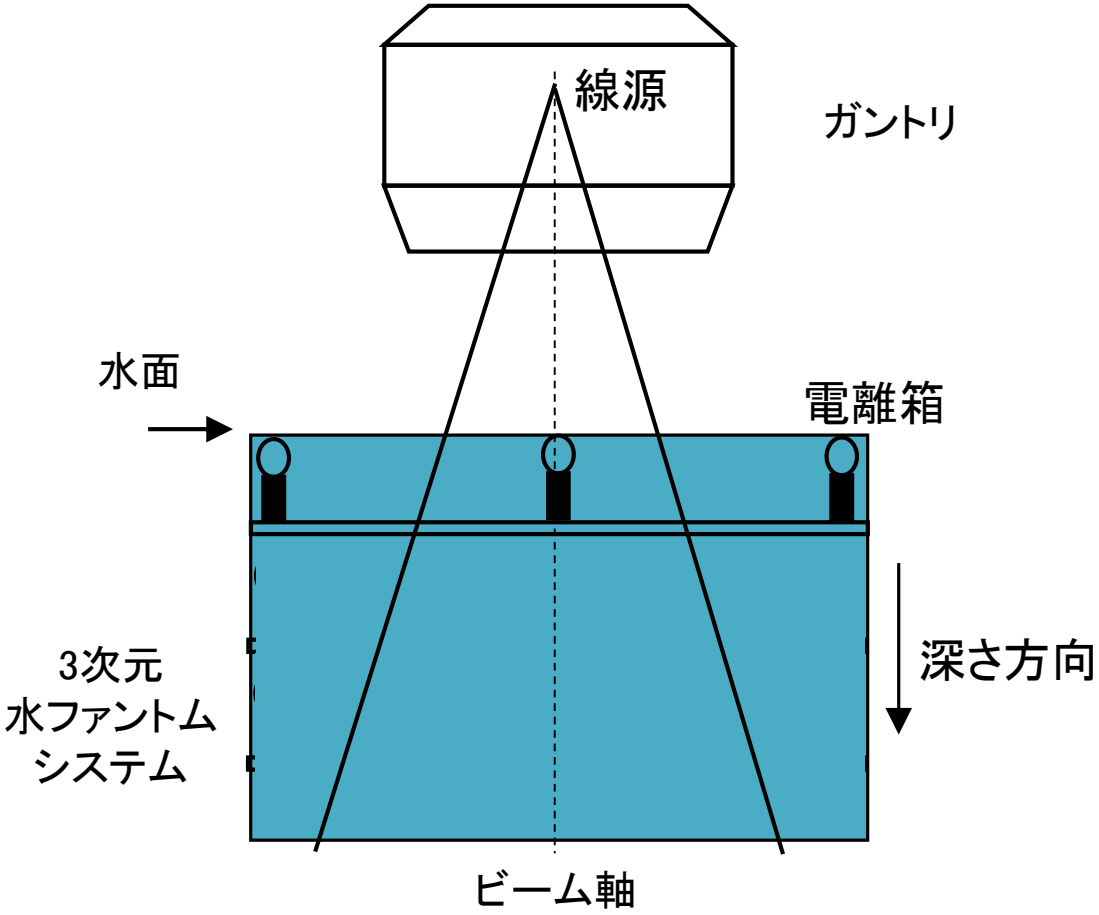


資料③X線治療の相対線量とモニター設定値(MU値)より

３次元水ファントムシステムによる計測



PCのソフトウェアでモーター駆動系を制御し、電離箱を横方向、または縦（深さ）方向に走査（スキャン）することにより*OAR*, *PDD*, *TMR*などの測定ができる



（2）組織最大線量比*TMR*

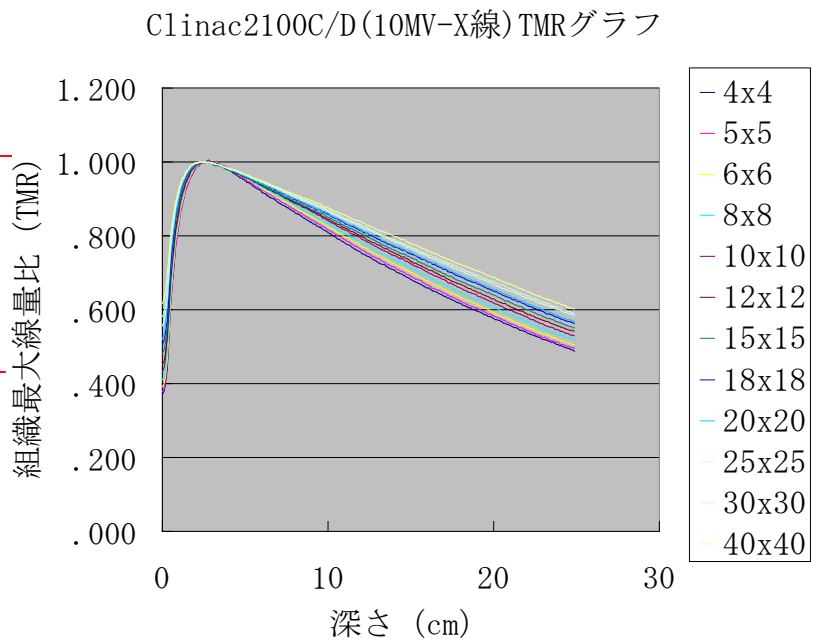
- *TMR*は基準深d_r=最大線量深d_{max}の深部線量比である
- 測定した*PDD*を変換式を使って*TMR*を計算する

Clinac2100C/D 10MV-X TMR

depth	4x4	5x5	6x6	8x8	10x10	12x12	15x15	20x20	25x25	30x30	40x40
0	.371	.378	.391	.410	.432	.452	.481	.521	.557	.582	.617
0.5	.607	.612	.624	.643	.672	.679	.701	.740	.764	.779	.801
1	.838	.832	.844	.856	.867	.875	.887	.904	.919	.920	.931
1.5	.936	.932	.942	.947	.952	.956	.961	.968	.976	.976	.979
2	.981	.982	.985	.988	.989	.988	.992	.994	.998	.995	.996
2.5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	.999	.999	1.000	1.001	1.000	.998	.995	.996	.996	.996	.998
3.5	.991	.993	.992	.993	.993	.991	.987	.990	.992	.991	.991
4	.977	.980	.983	.981	.982	.982	.980	.981	.982	.982	.983
4.5	.963	.967	.971	.971	.971	.970	.969	.972	.974	.974	.977
5	.950	.952	.958	.960	.959	.960	.960	.962	.965	.965	.966
6	.918	.924	.929	.934	.935	.937	.939	.941	.945	.945	.950
7	.891	.899	.904	.909	.914	.914	.914	.921	.927	.928	.931
8	.862	.870	.878	.883	.888	.891	.893	.900	.906	.908	.911
9	.837	.844	.851	.857	.866	.869	.871	.880	.886	.890	.896
10	.809	.816	.825	.833	.841	.846	.851	.862	.867	.871	.877
11	.782	.790	.799	.807	.817	.822	.827	.837	.844	.848	.856
12	.754	.764	.773	.783	.793	.800	.808	.817	.826	.830	.837
13	.730	.737	.747	.758	.769	.776	.783	.796	.805	.808	.818
14	.707	.716	.724	.735	.746	.754	.762	.774	.785	.790	.798
15	.682	.690	.701	.713	.724	.731	.742	.756	.766	.771	.780
16	.659	.668	.679	.690	.703	.710	.720	.734	.747	.751	.761
17	.637	.645	.656	.669	.682	.690	.698	.714	.725	.730	.741
18	.616	.624	.634	.646	.659	.670	.678	.694	.706	.712	.722
19	.597	.604	.614	.627	.639	.648	.659	.675	.689	.694	.705
20	.576	.584	.592	.607	.621	.630	.640	.655	.670	.677	.688
21	.558	.563	.573	.587	.598	.608	.620	.636	.650	.657	.668
22	.539	.544	.553	.567	.581	.591	.600	.618	.631	.638	.650
23	.520	.525	.535	.551	.561	.572	.582	.600	.615	.620	.633
24	.503	.508	.518	.531	.543	.555	.565	.582	.600	.604	.617

$d_r = d_{max}$

d_c=10 cm



資料③X線治療の相対線量とモニター設定値(MU値)より

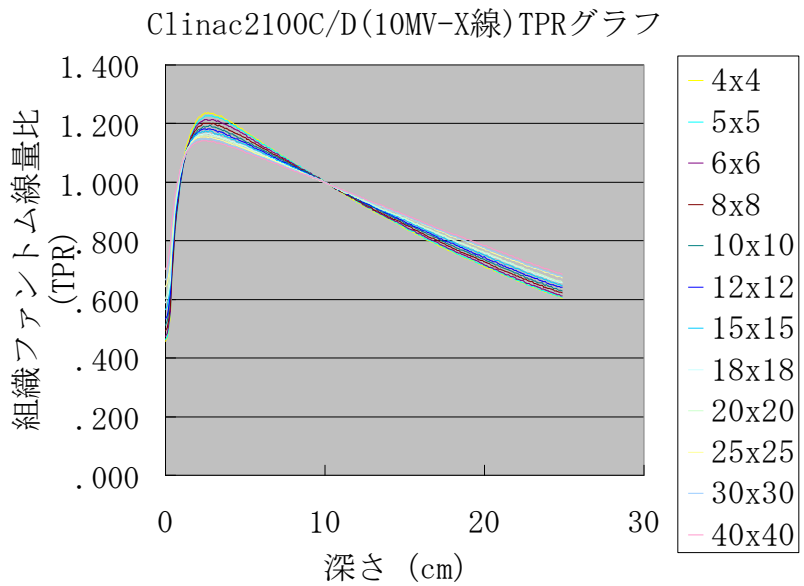
（２－１）組織ファントム線量比*TPR*

- $d_r \neq d_{max}$のときは組織ファントム線量比*TPR*という．上記の*TMR*を$d_r = d_c$ =10 cmの*TPR*で表すと以下のようになる
- 10 cm深で基準化するのですべて1となる

Clinac2100C/D 10MV-X TPR

DEPTH	4x4	5x5	6x6	8x8	10x10	12x12	15x15	18x18	20x20	25x25	30x30	40x40
0	.458	.463	.474	.492	.513	.534	.565	.588	.604	.643	.668	.704
0.5	.750	.750	.757	.771	.799	.802	.824	.838	.858	.881	.895	.914
1	1.036	1.020	1.023	1.027	1.031	1.035	1.042	1.047	1.049	1.060	1.056	1.062
1.5	1.157	1.142	1.143	1.137	1.131	1.130	1.129	1.126	1.123	1.126	1.121	1.116
2	1.213	1.204	1.194	1.186	1.176	1.168	1.166	1.157	1.154	1.152	1.143	1.136
2.5	1.236	1.225	1.213	1.200	1.189	1.182	1.175	1.165	1.160	1.154	1.149	1.141
3	1.236	1.224	1.213	1.201	1.188	1.180	1.169	1.162	1.155	1.150	1.144	1.139
3.5	1.225	1.217	1.203	1.191	1.180	1.172	1.160	1.152	1.149	1.144	1.138	1.130
4	1.208	1.201	1.191	1.177	1.168	1.161	1.152	1.144	1.138	1.134	1.128	1.122
4.5	1.191	1.185	1.178	1.165	1.154	1.147	1.138	1.131	1.128	1.124	1.119	1.114
5	1.174	1.166	1.162	1.152	1.140	1.135	1.128	1.122	1.116	1.113	1.108	1.102
6	1.135	1.132	1.127	1.120	1.112	1.108	1.103	1.096	1.091	1.091	1.086	1.083
7	1.102	1.102	1.096	1.090	1.086	1.081	1.075	1.071	1.069	1.069	1.066	1.062
8	1.065	1.066	1.064	1.060	1.056	1.053	1.050	1.046	1.045	1.046	1.043	1.039
9	1.035	1.035	1.032	1.029	1.029	1.027	1.024	1.023	1.022	1.023	1.022	1.022
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	.967	.968	.968	.968	.972	.972	.972	.971	.971	.974	.974	.976
12	.932	.936	.938	.939	.943	.946	.949	.949	.948	.953	.953	.954
13	.902	.904	.905	.909	.914	.917	.920	.922	.923	.928	.928	.933
14	.874	.877	.878	.882	.887	.891	.895	.897	.898	.906	.907	.911
15	.843	.846	.850	.855	.861	.865	.872	.876	.877	.884	.885	.890
16	.815	.818	.823	.828	.836	.839	.846	.850	.852	.862	.862	.868
17	.788	.791	.795	.803	.811	.816	.820	.826	.829	.837	.839	.845
18	.762	.765	.769	.775	.783	.792	.797	.802	.806	.814	.818	.824
19	.739	.741	.744	.752	.760	.767	.775	.781	.783	.795	.797	.804
20	.712	.716	.718	.728	.736	.745	.752	.757	.760	.773	.777	.784
21	.690	.690	.695	.704	.711	.719	.728	.736	.739	.750	.754	.762
22	.666	.666	.670	.681	.690	.698	.705	.713	.717	.728	.732	.742
23	.643	.644	.649	.661	.667	.676	.684	.692	.696	.710	.713	.722
24	.622	.623	.628	.637	.646	.656	.664	.671	.675	.692	.694	.704

dr=dc =10 cm



資料③X線治療の相対線量とモニター設定値(MU値)より

Clinac2100C/D 10MV-X線

SCD=100 cm　　dc=10cm　　MU=150　　water phantom, ファーマ形電離箱使用

	照射野A	4*4	5*5	6*6	8*8	10*10	12*12	15*15	20*20	25*25	30*30	40*40
読み値 Mraw[nC]	1回	4.2059	4.3313	4.4380	4.6070	4.7420	4.8427	4.9637	5.1019	5.2146	5.3076	5.4367
	2回	4.2055	4.3301	4.4360	4.6042	4.7356	4.8423	4.9609	5.1047	5.2142	5.2980	5.4367
	3回	4.2063	4.3297	4.4356	4.6050	4.7364	4.8411	4.9601	5.1031	5.2130	5.2980	5.4331
	4回	4.2067	4.3313	4.4364	4.6046	4.7372	4.8427	4.9605	5.1055	5.2150	5.3008	5.4347
	5回	4.2059	4.3325	4.4380	4.6074	4.7388	4.8407	4.9613	5.1023	5.2130	5.3000	5.4347
	平均Mraw	4.2061	4.3310	4.4368	4.6056	4.7380	4.8419	4.9613	5.1035	5.2140	5.3009	5.4352
	温度[℃]	24.40	24.40	24.40	24.40	24.35	24.35	24.35	24.35	24.35	24.35	24.35
	気圧[hPa]	1006.79	1006.62	1006.51	1005.80	1005.56	1005.60	1005.47	1005.46	1005.62	1005.54	1005.65
	温度気圧補正係数kTP	1.0146	1.0148	1.0149	1.0156	1.0157	1.0157	1.0158	1.0158	1.0157	1.0157	1.0156
	Mraw*kTP[nC]	4.2061	4.3952	4.5030	4.6777	4.8125	4.9178	5.0397	5.1842	5.2956	5.3843	5.5201
	出力係数OPFc(A)	0.874	0.913	0.936	0.972	1.000	1.022	1.047	1.077	1.100	1.119	1.147
	TMR(10,A)	0.809	0.816	0.825	0.833	0.841	0.846	0.851	0.862	0.867	0.871	0.877
	TMR(10,10*10)	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841
	出力係数OPFr(A)	0.909	0.942	0.955	0.981	1.000	1.016	1.035	1.052	1.068	1.081	1.101

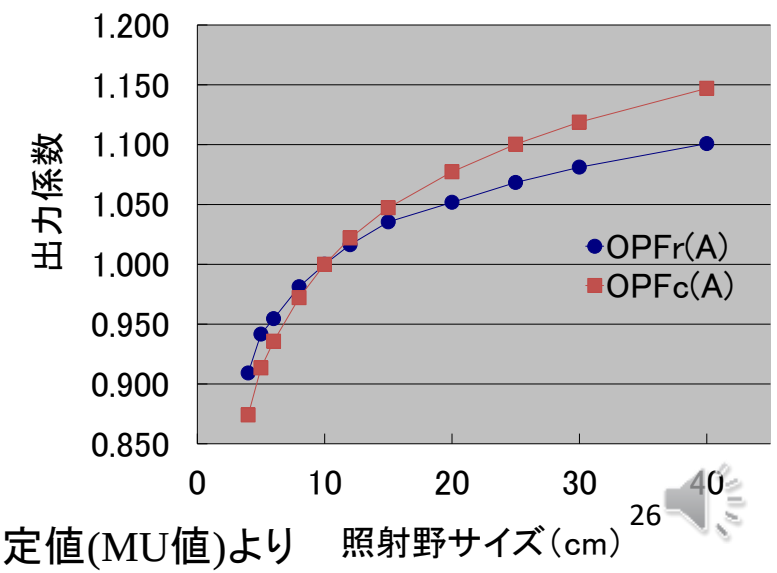
(3)出力係数*OPF*

- 基準深d_rで照射野Aにおける吸収線量の変化を，照射野A=10×10cmを基準に比率で表す
- 校正深d_cで測定した場合は次の計算をする．（校正深で$OPF(d_c,A)$を測定→基準深の$OPF(d_r,A)$を計算）

$$OPF(d_r,A) = \frac{TMR(10,10\times10)}{TMR(10,A)} \cdot OPF(d_c,A)$$

（この式の証明は資料③を参照ください）

Clinac2100C/D（10MV-X線）出力係数



資料③X線治療の相対線量とモニター設定値(MU値)より

（4）くさび係数wedge factor

基準深d_rで基準照射野A=10cm×10cmにおける，くさび有りと無しの吸収線量比
（校正深d_cでA=10cm×10cmにおける，くさび有りと無しの吸収線量比でもよい）

$$WF = \frac{D_{\mathrm{wedge}}(d\mathrm{r},10\times10)}{D_{\mathrm{open}}(d\mathrm{r},10\times10)} = \frac{D_{\mathrm{wedge}}(d\mathrm{c},10\times10)}{D_{\mathrm{open}}(d\mathrm{c},10\times10)}$$

Clinac2100C/D 10MV-X線

SCD100cm，dc=10cm　MU=100　A=10*10㎝　water phantom，ファーマ形電離箱使用

		ウェッジなし	ウェッジ角度15	ウェッジ角度30	ウェッジ角度45	ウェッジ角度60
読み値	1回	3.6316	2.917	2.4549	1.9141	1.5933
Mraw[nC]	2回	3.6295	2.9184	2.4541	1.9151	1.5931
	3回	3.6285	2.9182	2.4539	1.9142	1.5933
	平均Mraw	3.6299	2.9179	2.4543	1.9145	1.5932
	温度[℃]	20.7	20.7	22.2	22.5	22
	気圧[hPa]	1015.5	1015.5	1018.5	1016.6	1014.5
	温度気圧補正係数kTP	0.9934	0.9934	0.9956	0.9984	0.9988
	Mraw*kTP[nC]	3.6061	2.8987	2.4434	1.9115	1.5913
	ウェッジなし(Mraw*kTP)	3.6061	3.6061	3.6061	3.6061	3.6061
	くさび係数WF	1.0000	0.8038	0.6776	0.5301	0.4413

（5）トレイ係数tray factor

基準深d_rで基準照射野A=10cm×10cmにおける，トレイ有りと無しの吸収線量比
（校正深d_cでA=10cm×10cmにおける，トレイ有りと無しの吸収線量比でもよい）

$$TF = \frac{D_{\mathrm{tray}}(d\mathrm{r},10\times10)}{D_{\mathrm{open}}(d\mathrm{r},10\times10)} = \frac{D_{\mathrm{tray}}(d\mathrm{c},10\times10)}{D_{\mathrm{open}}(d\mathrm{c},10\times10)}$$

Clinac2100C/D 10MV-X線
SCD100cm，dc=10cm　MU=200　A=10*10cm
water phantom，ファーマ形電離箱使用

		トレイなし	トレイあり
読み値	1回	15.873	15.502
Mraw[nC]	2回	15.880	15.494
	3回	15.881	15.505
	平均Mraw	15.8780	15.5003
	温度[℃]	20.9	20.9
	気圧[hPa]	1012	1012
	温度気圧補正係数kTP	0.9976	0.9976
	Mraw*kTP[nC]	15.8392	15.4624
	トレイなし(Mraw*kTP)	15.8392	15.8392
	トレイ係数TF	1.0000	0.9762

小テスト

問題１　X線、γ線について誤っているのはどれか

１. PDDはSSDによって変わる
２. PDDは照射野によって変わる
３. TMRは照射野によって変わる
４. TMRはエネルギーによって変わる
５. TMRはSSDによって変わる

問題２　4 MV X線で厚さ20 cmの腹部の中心にある病巣へ前後対向2門で照射したい。病巣線量1.5 Gyを照射する場合、1門あたりのモニタ値（MU）はどれか。ただし、最大深のDMUは1 cGy/MU、出力係数は1.000、深さ10 cmのTMRは0.750とする

１. 10
２. 50
３. 70
４. 100
５. 200

問題３　対向2門照射で前方（A）と後方（P）から、線量比A:P=2:1で3Gyを照射する場合、AとPのモニタ単位数〈MU〉で正しい組合せはどれか。

ただし、照射法SAD法、深さ8cm、照射野サイズ10cm×10cm、TMR(8,10×10)＝0.500、モニタ線量計1cGy/MUに校正する

	A	P
１.	500	250
２.	400	200
３.	300	150
４.	200	100
５.	100	50