



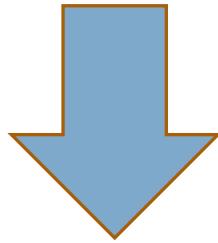
診断X線領域における 深部量百分率の近似関数の作成

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻
医用物理学講座 三宅綾香

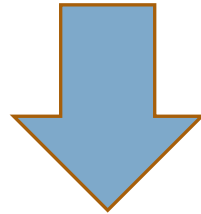


<目的>

患者の被曝量の把握



簡便な被曝量(実効線量)の算出



深部量百分率の近似関数の作成



<方法>

- ① X線装置の半価層測定
- ② 実測による深部量百分率曲線の作成
- ③ 近似関数の作成
- ④ シミュレーションソフト・実測値との比較



<方法>

- ① X線装置の半価層測定
- ② 実測による深部量百分率曲線の作成
- ③ 近似関数の作成
- ④ シミュレーションソフト・実測値との比較



<方法>

① X線装置の半価層測定

X線発生装置	①KXO-50G(TOSHIBA)
	②KXO-80G(TOSHIBA)
X線管	①A-192(Varian)
	②ROTANODE DRX-3724HD(TOSHIBA)
測定器	Unfors Thinx RAD(Unfors RaySafe AB)

<方法>

① X線装置の半価層測定



二つのX線装置の60,80,100,120kVの半価層値を測定

Table1 The condition of irradiation

kV	60	80	100	120
mA	320	160	200	100
ms	125	100	100	100



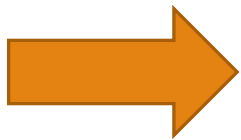
<方法>

① X線装置の半価層測定

平成21年 卒業論文 新田哲也

$$y = 0.07461x^3 - 1.112x^2 + 9.340x + 13.62$$

[x:半価層(mmAl)、y:実効エネルギー(keV)]



測定された半価層値を
実効エネルギーに変換

<方法>

① X線装置の半価層測定



② 実測による深部量百分率曲線の作成



③ 近似関数の作成



④ シミュレーションソフト・実測値との比較



<方法>

② 深部量百分率曲線の作成

電位計	UNIDOSE E型(PTW)
平行平板形チェンバ	34069型6cm ³ (PTW)
アクリルファントム	
アナロイド気圧計	No.7610-20(SAITO-KEIRYOKI)
標準温度計	1号 No.91655(NIKKEI)

<方法>

② 深部量百分率曲線の作成

- ・深さ 0,1,2,3,4,5,10,15,19cmの9点
- ・照射野 10×10, 20×20, 30×30cmの3パターン
- ・SSD = 100cm

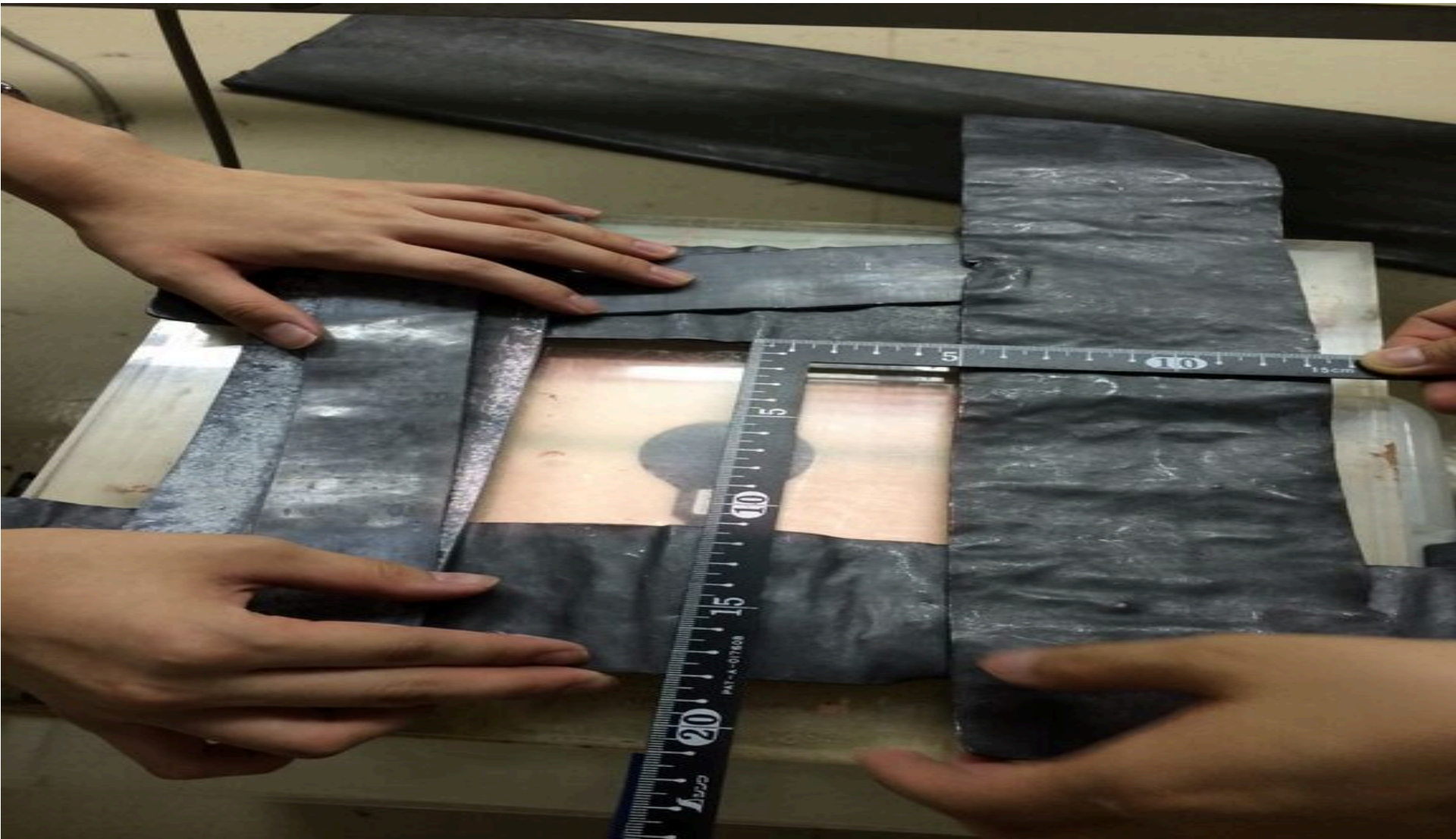
Table1 The condition of irradiation

kV	60	80	100	120
mA	320	160	200	100
ms	125	100	100	100

<方法>

② 深部量百分率曲線の作成

・照射野の形成(10 × 10cm)

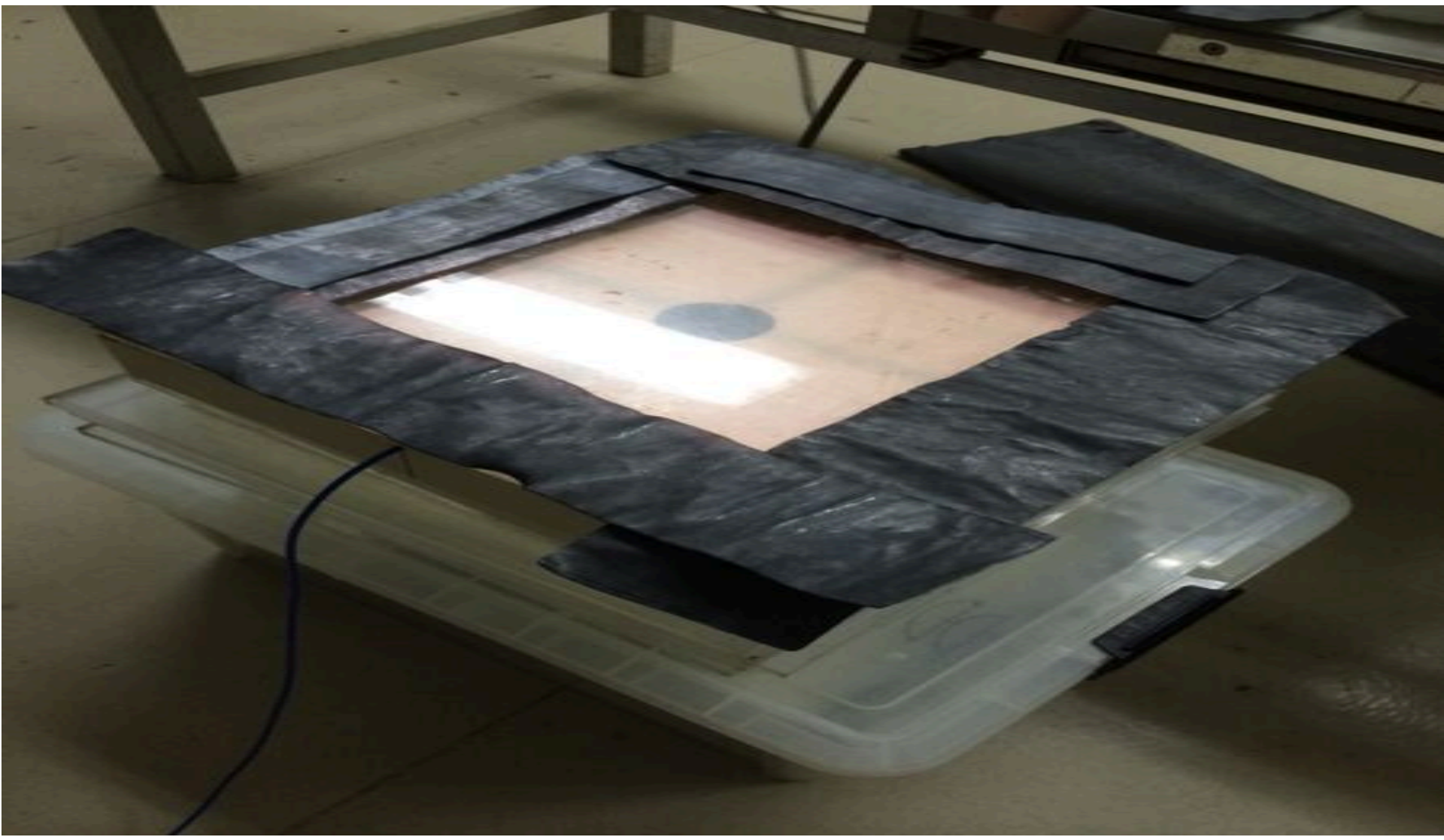




<方法>

② 深部量百分率曲線の作成

- ・照射野20×20cm、深さ3cmでの照射時



<方法>

① X線装置の半価層測定



② 実測による深部量百分率曲線の作成



③ 近似関数の作成



④ シミュレーションソフト・実測値との比較



<方法>

③ 近似関数の作成

- 深さ0～5cmの関数と深さ6cm以上の関数に分けて作成
- 30 × 30cmの照射野が基準
 - × 照射野の大きさを変化させたときに用いる係数
(深さ6cm以上の場合のみに使用)

<方法>

④ シミュレーションソフト・実測値 との比較

近似関数

実測による
測定値

シミュレー
ションソフト





<方法>

④ シミュレーションソフト・実測値 との比較

- ・ シミュレーションソフト

「診断X線の深部線量率計算」

藤田衛生保健大学 加藤秀起教授

(<http://www.fujita-hu.ac.jp/~hid-kato/>)

モンテカルロ法により計算された深部線量率の
基本データを基にして、
目的とするX線束のスペクトル分布を利用した
convolution法により算出される

<結果>

① X線装置の半価層測定

Table2 Result of measurement of half-value layer(A-192)

Tube voltage(kV)	60	80	100	120
Half-value layer(mmAl)	2.2	3.0	3.9	4.7

Table3 Result of measurement of half-value layer
(ROTANODE DRX -3724HD)

Tube voltage(kV)	60	80	100	120
Half-value layer(mmAl)	2.1	2.7	3.5	4.3

<結果>

① X線装置の半価層測定

Table4 Half-value layer and effective energy

Half-value layer(mmAl)	2.1	2.2	2.7	3
Effective energy(keV)	29.0	29.6	32.2	33.7

Half-value layer(mmAl)	3.5	3.9	4.33	4.7
Effective energy(keV)	35.9	37.6	39.2	40.7

<結果>

② 深部量百分率曲線の作成

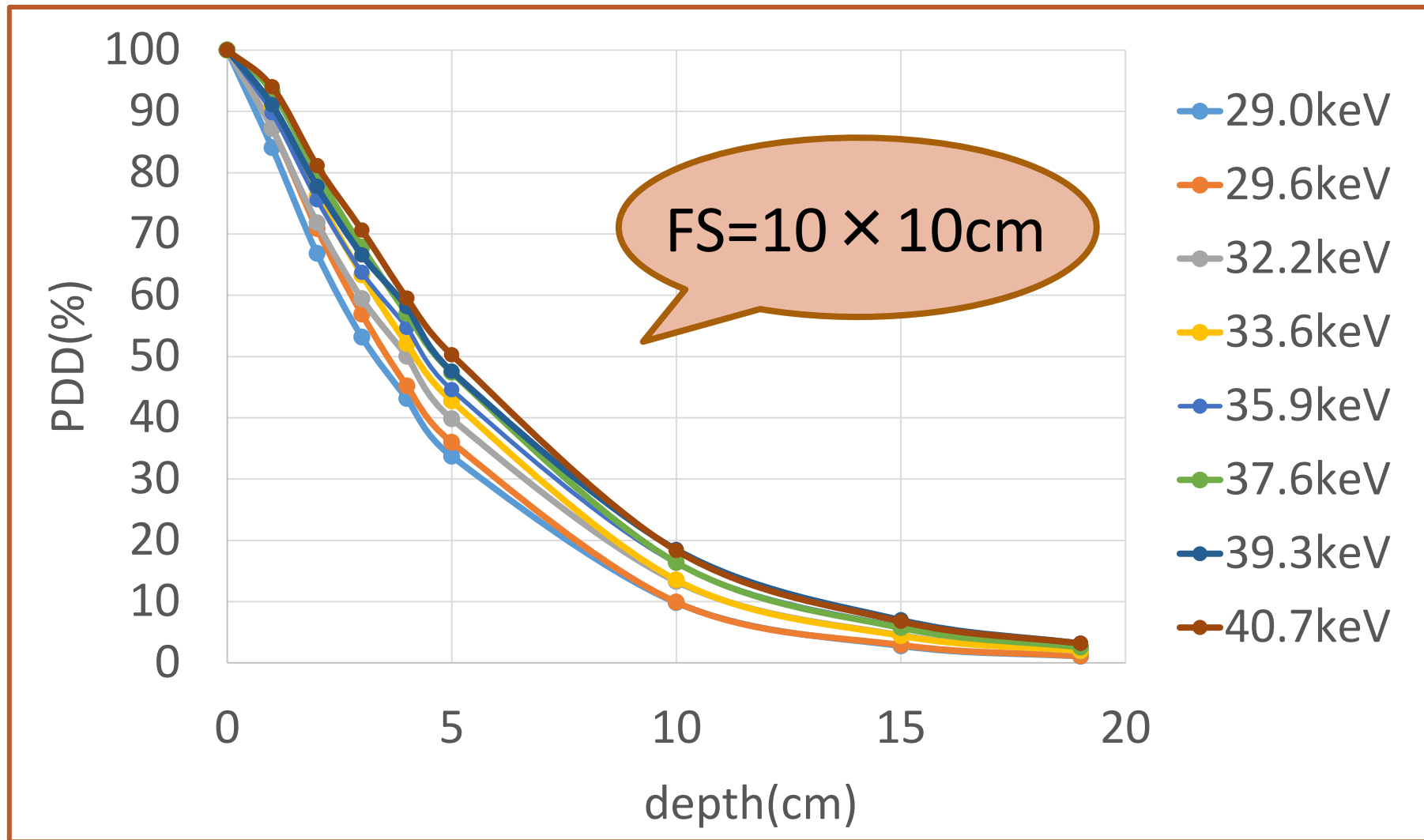


Fig.1 The percentage depth dose curve (FS=10x10cm)

<結果>

② 深部量百分率曲線の作成

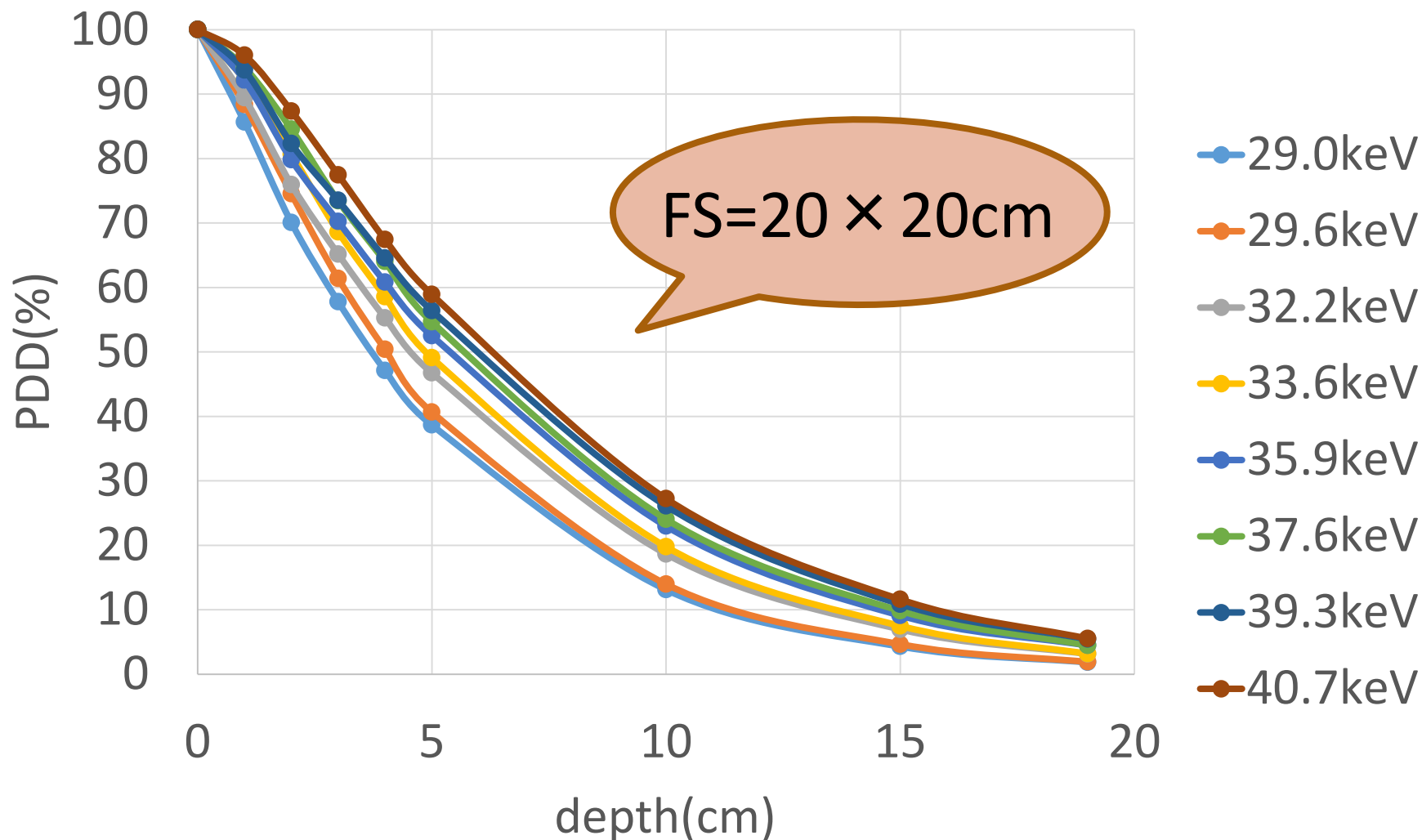


Fig.2 The percentage depth dose curve (FS=20 × 20cm)

<結果>

② 深部量百分率曲線の作成

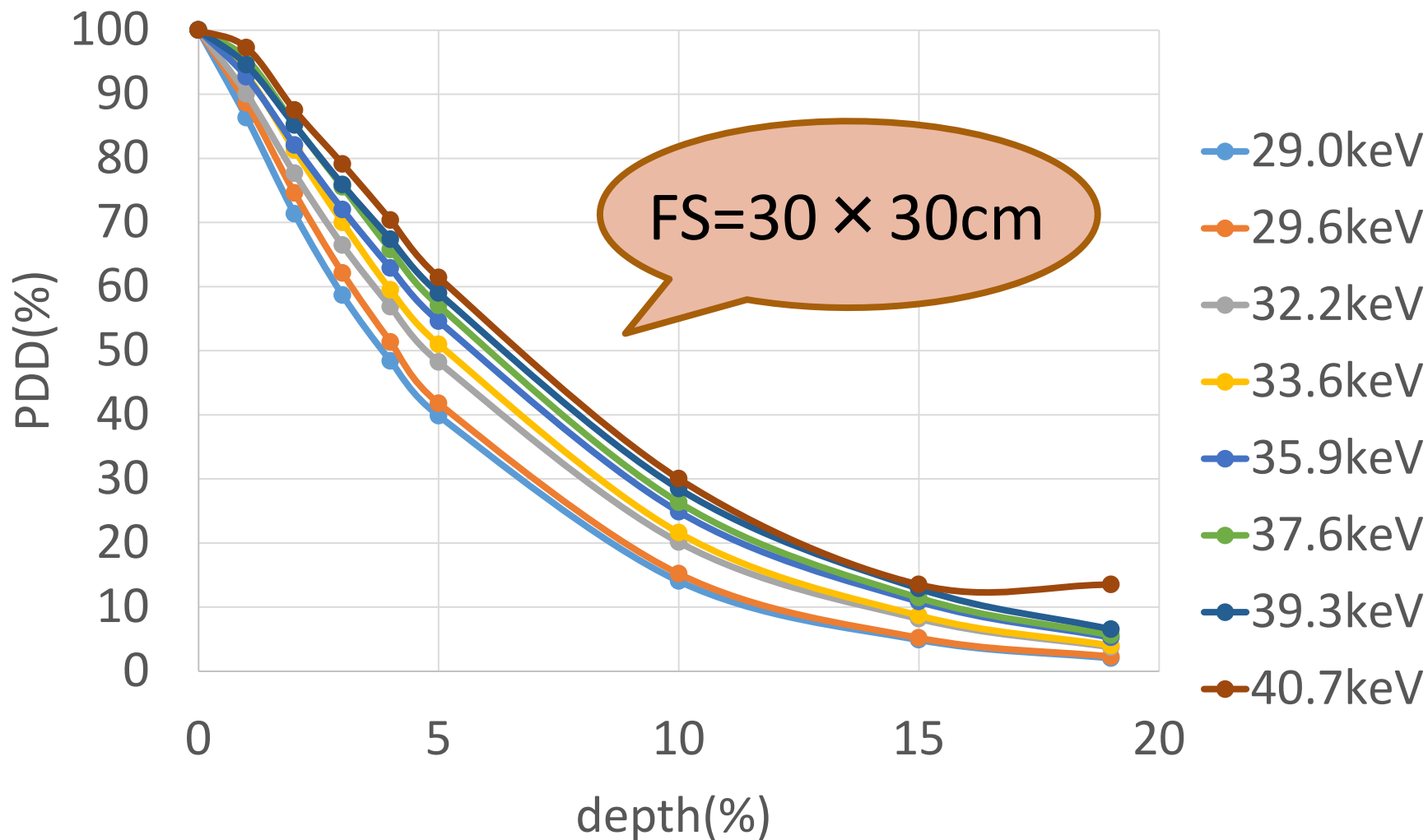


Fig.3 The percentage depth dose curve (FS=30 × 30cm)

<結果>

一般式

$$y = a \cdot e^{-bx}$$

y:PDD(%)

x:深さ(cm)

③ 近似関数の作成 (FS=30 × 30cm, 深さ0~5cm)

29.0keV	$y = 102.3 e^{-0.187x}$
29.6keV	$y = 103.75e^{-0.177x}$
32.2keV	$y = 102.7e^{-0.148x}$
33.6keV	$y = 104.26e^{-0.138x}$
35.9keV	$y = 103.05e^{-0.123x}$
37.6keV	$y = 104.53e^{-0.116x}$
39.3keV	$y = 103.44e^{-0.108x}$
40.7keV	$y = 104.61e^{-0.1x}$

<結果>

③ 近似関数の作成

(FS=30 × 30cm, 深さ0~5cm)

一般式

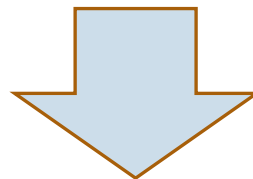
$$y = a \cdot e^{-bx}$$

y:PDD(%)

x:深さ(cm)

Table5 Relationship of effective energy and constant

a	$0.1172 \times \text{実効エネルギー} + 99.508$
b	$-0.0072 \times \text{実効エネルギー} + 0.3867$



$$y = (0.1172 \times \text{実効エネルギー} + 99.508) \cdot e^{-(-0.0072 \times \text{実効エネルギー} + 0.3867) \cdot x}$$

<結果>

一般式

$$y = a \cdot e^{-bx}$$

y:PDD(%)

x:深さ(cm)

③ 近似関数の作成 (FS=30 × 30cm, 深さ6cm以上)

29.0keV	$y = 120.61 e^{-0.214x}$
29.6keV	$y = 123.93e^{-0.21x}$
32.2keV	$y = 130.74e^{-0.186x}$
33.6keV	$y = 156.93e^{-0.15x}$
35.9keV	$y = 141.04e^{-0.172x}$
37.6keV	$y = 146.7e^{-0.171x}$
39.3keV	$y = 146.32e^{-0.163x}$
40.7keV	$y = 152.83e^{-0.162x}$

<結果>

③ 近似関数の作成 (FS=30 × 30cm, 深さ6cm以上)

一般式

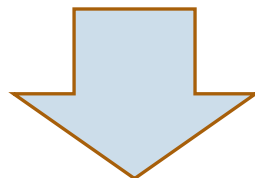
$$y = a \cdot e^{-bx}$$

y:PDD(%)

x:深さ(cm)

Table6 Relationship of effective energy and constant

a	$2.4492 \times \text{実効エネルギー} + 54.82$
b	$-0.0042 \times \text{実効エネルギー} + 0.3231$



$$y = (2.4492 \times \text{実効エネルギー} + 54.82) \cdot e^{-(-0.0042 \times \text{実効エネルギー} + 0.3231) \cdot x}$$

<結果>

③ 照射野係数の作成 (FS < 30 × 30cm, 深さ6cm以上)

近似関数で算出されるPDD(FS=30 × 30cm)

×

照射野係数A

||

実測されたPDD(FS=10 × 10cm, 20 × 20cm)



照射野係数A = 実測PDD(10,20cm) ÷ 近似関数PDD(30cm)



<結果>

③ 照射野係数の作成 (FS$30 \times 30\text{cm}$,深さ6cm以上)

Table7 Coefficient of radiation field (FS= $10 \times 10\text{cm}$)

depth(cm)	29.0keV	29.6keV	32.2keV	33.6keV
10	0.58	0.57	0.65	0.61
15	0.45	0.45	0.56	0.49
19	0.39	0.39	0.50	0.45

depth(cm)	35.9keV	37.6keV	39.3keV	40.7keV
10	0.64	0.58	0.60	0.54
15	0.55	0.47	0.50	0.43
19	0.48	0.40	0.42	0.37



<結果>

③ 照射野係数の作成 (FS<math>< 30 \times 30\text{cm}</math>,深さ6cm以上)

Table8 Coefficient of radiation field (FS=20 × 20cm)

depth(cm)	29.0keV	29.6keV	32.2keV	33.6keV
10	0.78	0.80	0.91	0.89
15	0.70	0.72	0.87	0.84
19	0.67	0.65	0.84	0.73

depth(cm)	35.9keV	37.6keV	39.3keV	40.7keV
10	0.90	0.86	0.84	0.81
15	0.85	0.80	0.77	0.74
19	0.83	0.71	0.73	0.64

<結果>

③ 照射野係数の作成 (FS < 30 × 30cm, 深さ6cm以上)

Table5(FS=10 × 10cm) の照射野係数 → 平均 0.50

Table6(FS=20 × 20cm) の照射野係数 → 平均 0.79

照射野係数を表す式

$$y = 0.0249x + 0.266$$

[y:照射野係数 x:照射野の一辺(cm)]



<結果>

④ シミュレーションソフト・実測値との比較

Table7 Error between the calculated value (depth=0~20cm)

	10×10cm	20×20cm	30×30cm
Software(%)	2.6	1.4	2.6
Measured(%)	1.0	3.9	2.5

Table8 Error between the measured value(depth=0~20cm)

	10×10cm	20×20cm	30×30cm
Software(%)	2.0	1.0	0.9



< 考察 >

・ 近似関数との誤差

ソフト値と3%以内で一致

実測値と4%以内で一致



近似関数は有効

<まとめ>

・近似関数 (30 × 30cm照射野)

深さ0～5cmのとき [y:PDD(%),x:depth(cm)]

$$y = (0.1172 \times \text{実効エネルギー} + 99.508) \cdot e^{-(0.0072 \times \text{実効エネルギー} + 0.3867) \cdot x}$$

深さ6cm以上のとき [y:PDD(%),x:depth(cm)]

$$y = (2.4492 \times \text{実効エネルギー} + 54.82) \cdot e^{-(0.0042 \times \text{実効エネルギー} + 0.3231) \cdot x}$$

・照射野係数を表す式(FS < 30 × 30cm、深さ6cm以上)

$$y = 0.0249x + 0.266$$

y:照射野係数,x:照射野の一辺(cm)

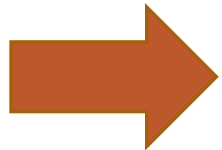
<まとめ>

・誤差

近似関数PDD \Leftrightarrow 実測PDD 4%以内

近似関数PDD \Leftrightarrow ソフトPDD 3%以内

実測PDD \Leftrightarrow ソフトPDD 2%以内



作成した近似関数は有用である



<参考文献>

- ・ 新田哲也、卒業論文「蛍光ガラス線量計小型素子システムにおける高エネルギー用素子(Snフィルタ未装着)の低エネルギー領域への応用について」、p13、2009
- ・ 好井あかね、卒業論文「診断X線領域における深部量百分率の算出と実効線量の推定」、2008