放射線皮膚炎と皮膚線量について

坂本　博昭

放射線皮膚炎

放射線療法によって起こる放射線皮膚炎は照射野に一致し、照射期間中から発生する早期皮膚有害事象と照射後ある程度時間が経過して起こる晩期皮膚有害事象に分類できる

早期皮膚有害事象

発赤を伴った皮膚炎（Grade1～2）として生じることが大半でステロイドの外用剤を使用することでコントロール可能

RTOG (Radiation therapy oncology group)

Grade 0	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
変化なし	淡い紅斑または乾性落屑	中等度～鮮明な紅斑；大部分が限局した斑状の湿性落屑；中等度の浮腫	限局しない隔合性の湿性落屑；小さな外傷や擦過傷により出血	真皮全層の皮膚壊死または潰瘍；病変からの自然出血

後期皮膚有害事象

照射からの経過時期によって異なるが、皮膚の浮腫、汗腺の障害、熱感の残存であるが、適切な皮膚ケアにより症状ならびに整容性の改善が期待できる

皮膚の解剖・生理

皮膚は表皮・真皮・皮下組織・皮膚付属器（毛・汗腺・皮脂腺・爪）で構成されている。

表皮の厚さは0.2㎜以下で、表面から皮脂膜・角質層・顆粒層・有棘層・基底層で構成されており、基底層より細胞分裂し約28日かけて入れ替わる

→ターンオーバー

皮膚の解剖・生理

真皮は1～4mm程度の厚さで、毛細血管・リンパ管・神経などが存在しコラーゲン線維と弾性線維からなり皮膚の弾力性を保っている

皮下組織の大部分は脂肪細胞で外力からのクッションの役目、体温喪失の遮断、エネルギー代謝に関わっている

皮膚の解剖・生理

皮膚付属器には毛・毛嚢があり、皮脂腺が開口しており汗腺（エクリン汗腺、アポクリン汗腺）も存在している

エクリン汗腺

　99%が水分で体温調節機能

　残り1%のアンモニア、尿素→適度な保湿

アポクリン汗腺

　臭いのもと(*_*)→意外と大事

皮膚の解剖・生理

これらの働きを統合して皮膚には、水分喪失防止機能・体温調節機能・抗菌作用・免疫機構・感覚などの働きがある

放射線療法による皮膚損傷

ある一定の線量を越えると‥

- 細胞分裂が停止
- 成熟上皮細胞の角化・剥離に細胞供給が追いつかない
- 上皮細胞の喪失
- びらん・潰瘍の形成

基底膜が障害されると‥

- 毛細血管障害とヒスタミンの分泌（炎症反応）
- 紅斑→乳頭層の血管拡張・充血
- 真皮の乳頭層が障害を受けると膠原繊維が萎縮し瘢痕拘縮

放射線療法による皮膚損傷

放射線により障害を受けるのは基底細胞と有棘細胞で照射により分裂が停止する。

停止時間は線量に依存し一定以下の線量以下なら細胞分裂が再開し有害事象なく経過する

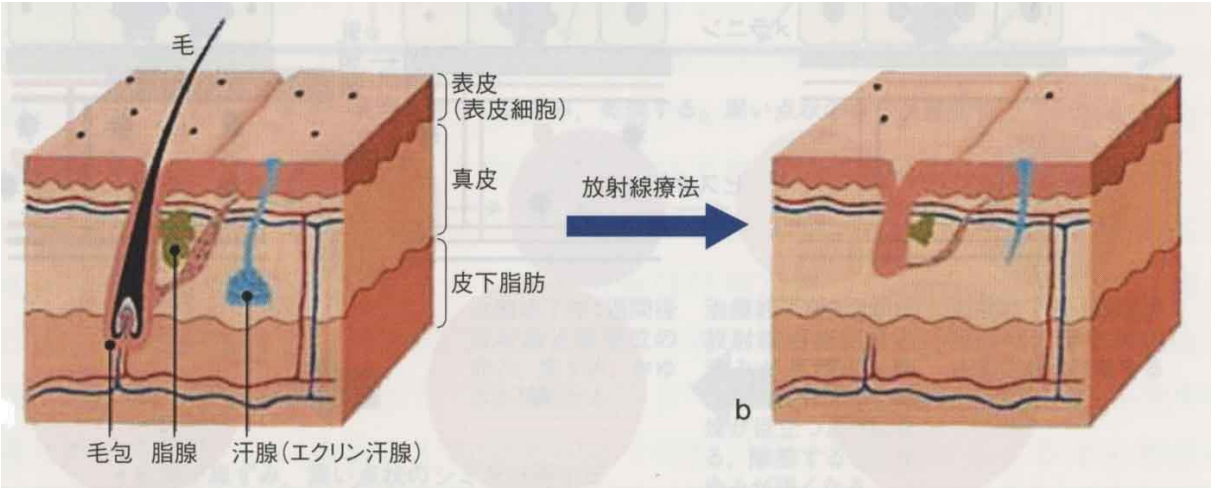
放射線療法による皮膚損傷

もう一つ重要なのが

毛嚢・皮脂腺・エクリン汗腺が放射線の感受性が高くドライスキンをきたす

発汗と皮脂腺は30Gy程度の照射から影響が出る

通常の50～60Gyの照射で、汗腺・皮脂腺の退縮と照射野内の体毛の現象で皮膚の乾燥は必発



放射線療法中の皮膚反応

照射開始1～２週

特に大きな変化はない

乳頭に色素沈着や敏感になる

照射開始３～４週

照射野に一致した発赤、掻痒感、ヒリヒリした痛み

症状のあるところにステロイド軟膏を塗布

予防的な塗布はあまり意味がない

照射直前には軟膏を塗布しない（ボーラス効果）

放射線療法と皮膚ケア

早期に見られる疼痛、掻痒、熱感などの訴えを少なくし、照射によって起こる皮膚変化への不安の軽減、治療後に起こる皮膚浮腫、乾燥を予防する

ローションを用いた保湿、マッサージが効果的

ヘパリン類似物質（ヒルドイド軟膏・ローション）は角質水分保持増強、血行促進作用、線維芽細胞増殖抑制作用のほか創部ケロイド防止、術後硬結に対しても有効である

放射線療法と皮膚ケア

放射線療法後の皮膚はドライスキン状態になるため照射後も引き続き皮膚ケアを実施することが大切

BCT後に硬結を触れるのは、手術によって血行が悪くなった部位に放射線を照射するため、皮下組織の線維化が進行し膠原繊維が委縮するためといわれている

ところで皮膚線量って
どうやって測るの???

馴染みのあるところでは放射線防護の領域で
聞いたことがあるような‥

放射線防護の領域では

ちょっと脇道にそれて
実効線量、等価線量、線量限度について

実効線量とは

外部放射線を受けた人体の組織・臓器毎の吸収線量に組織荷重係数・放射線荷重係数を乗じた値の総和で、確率的影響のパラメーターで単位はシーベルト（Sv）

実際の測定は困難なため

1cm線量当量＝実効線量として管理

等価線量とは

外部放射線を受けた組織の吸収線量（Ｇｙ）に放射線荷重係数を乗じて求めた値で，確定的影響のパラメーターで単位はシーベルト（Ｓｖ）

放射線防護上、着目しなければならない組織は、皮膚と眼の水晶体および女子腹部でこれらの値を実際に求めようとするには困難であるため、採用された量が70μｍ線量当量

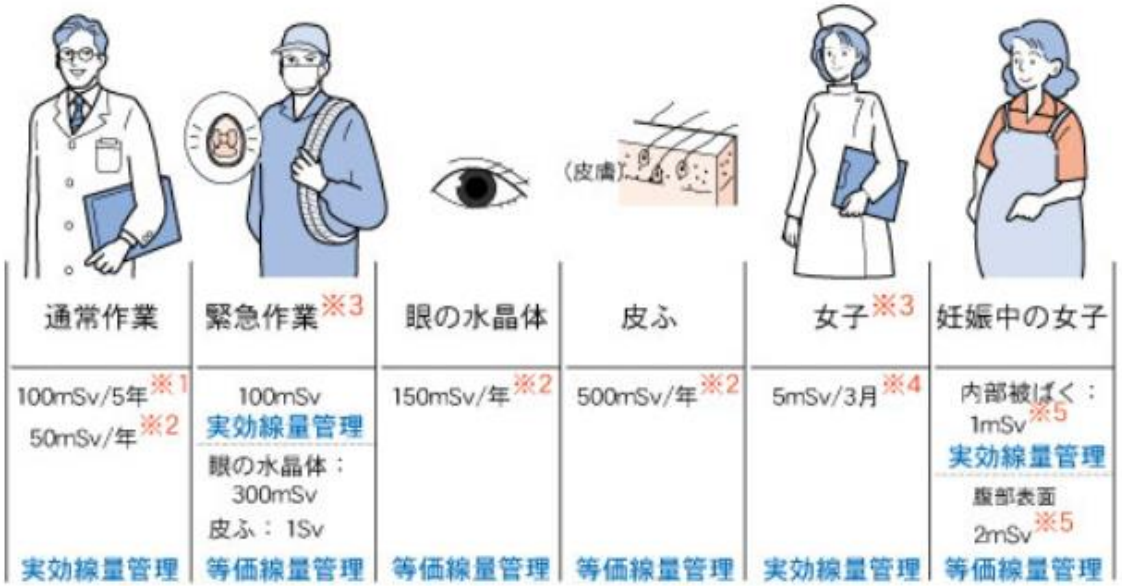
等価線量とは

皮膚→70μm線量当量

水晶体→70μm線量当量と1cm線量当量の高い方

→以前は3mm線量当量

女子腹部→ 1cm線量当量



ただ…

フィルムバッチやガラスバッチでの測定は基本的に診断領域での被ばく測定で、皮膚面が最も高く深部に行くほど減衰して低値となり、高エネルギー放射線領域のビルドアップが考慮されていない

実際に治療領域で皮膚線量を正しく評価するには‥

照射前に軟膏を塗布するとボーラス効果で皮膚炎を悪化させるって言うけど、ホント？？？

Scanditronix / Wellh·er OmniPro-Accept – [RefPDD]

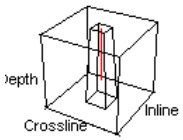
File Edit View Measure Tools Equipment Options Window Help

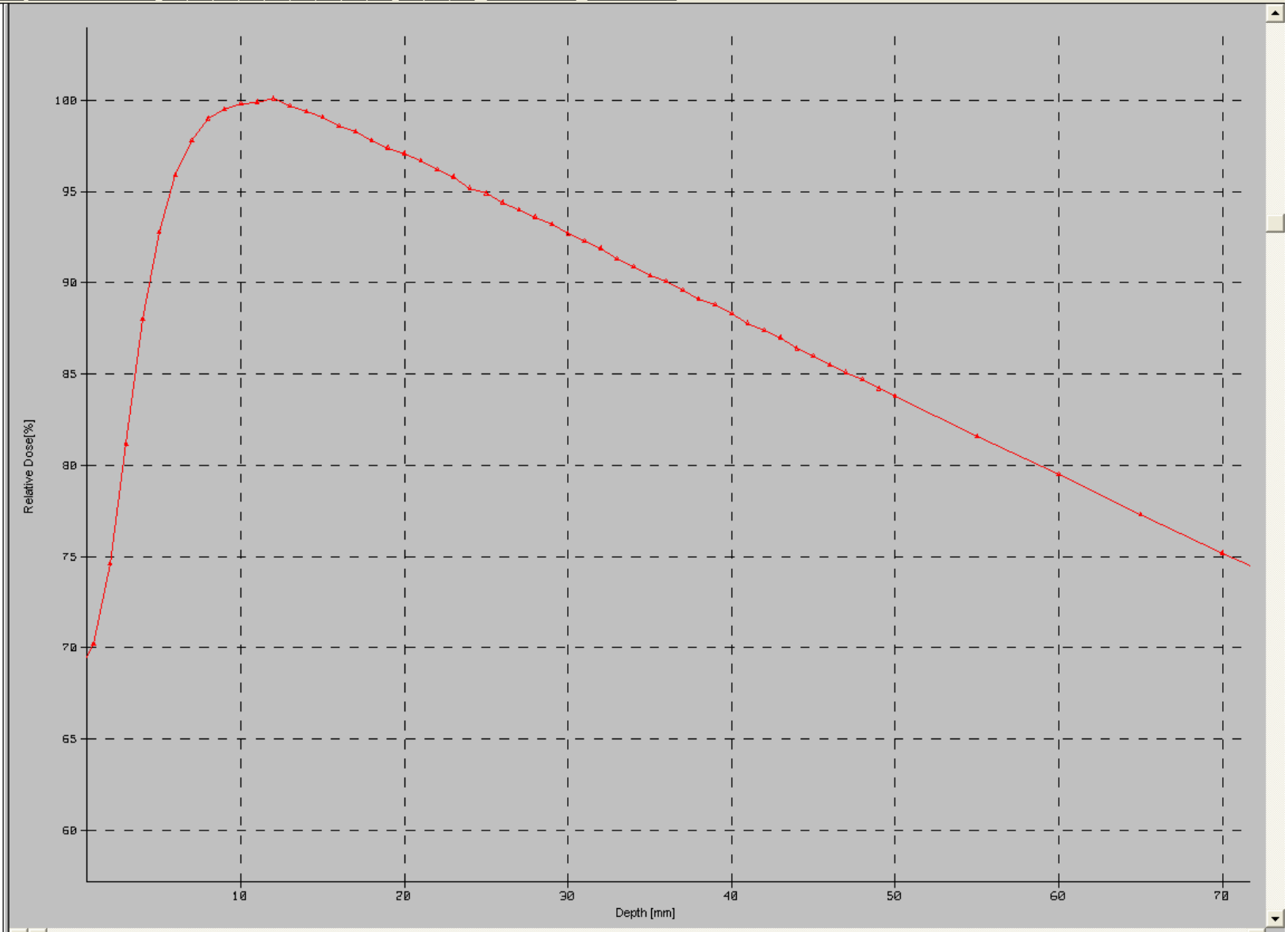
4 MV | 100 x 100 mm | 0° | 2012-12-28 10:40

4 MV Photon | 100 x 100 mm | 0 mm | 0 mm

*Siemens

Quantity:	Dose
R100:	12 mm
D100:	63.1 %
D200:	34.5 %
Dmax:	100.1 %
D100/D200:	1.832





NUM

スタート | 皮膚線量 | Scanditronix / Wellh·... | Microsoft Office 2010 | デスクトップの検索 | 18:16

皮膚線量の測定方法

Accurate skin dose measurements using radiochromic film in clinical applications

S. Devic,[a] J. Seuntjens, W. Abdel-Rahman, M. Evans, M. Olivares, and E. B. Podgorsak
Medical Physics Department, McGill University Health Centre, Montreal, Quebec, Canada

Té Vuong
Department of Radiation Oncology, McGill University Health Centre, Montreal, Quebec, Canada

Christopher G. Soares
Division of Ionizing Radiation, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 20899

(Received 12 August 2005; revised 1 December 2005; accepted for publication 1 February 2006; published 29 March 2006)

Megavoltage x-ray beams exhibit the well-known phenomena of dose buildup within the first few millimeters of the incident phantom surface, or the skin. Results of the surface dose measurements, however, depend vastly on the measurement technique employed. Our goal in this study was to determine a correction procedure in order to obtain an accurate skin dose estimate at the clinically relevant depth based on radiochromic film measurements. To illustrate this correction, we have used as a reference point a depth of 70 μ. We used the new GAFCHROMIC® dosimetry films (HS, XR-T, and EBT) that have effective points of measurement at depths slightly larger than 70 μ. In addition to films, we also used an Attix parallel-plate chamber and a home-built extrapolation chamber to cover tissue-equivalent depths in the range from 4 μ to 1 mm of water-equivalent depth. Our measurements suggest that within the first millimeter of the skin region, the PDD for a 6 MV photon beam and field size of 10×10 cm^2 increases from 14% to 43%. For the three GAFCHROMIC® dosimetry film models, the 6 MV beam entrance skin dose measurement corrections due to their effective point of measurement are as follows: 15% for the EBT, 15% for the HS, and 16% for the XR-T model GAFCHROMIC® films. The correction factors for the exit skin dose due to the build-down region are negligible. There is a small field size dependence for the entrance skin dose correction factor when using the EBT GAFCHROMIC® film model. Finally, a procedure that uses EBT model GAFCHROMIC® film for an accurate measurement of the skin dose in a parallel-opposed pair 6 MV photon beam arrangement is described. © *2006 American Association of Physicists in Medicine.* [DOI: 10.1118/1.2179169]

皮膚線量の測定方法

いわゆる皮膚線量として評価する領域はビルドアップ領域で荷電粒子平衡が成立していない

部位によってstem cellの存在する基底層の厚さは異なるが、ICRPなどの放射線管理の現状を鑑みて今回は70μm深の線量を皮膚線量として評価する

皮膚線量の測定方法

治療器はVarian 2300 の6MV X線

SSD:100cmの条件でsolid water phantomを使用

測定には

- 自作外挿電離箱
- Attix parallel-plate ionization chamber
- TLD
- Monte Carlo calculation
- GAFCHROMIC film

を使用

最終的にGAFCHROMIC filmで皮膚線量を評価する

Attix parallel-plate ionization chamber
RMI Model 449

GAFCHROMIC filmの構造

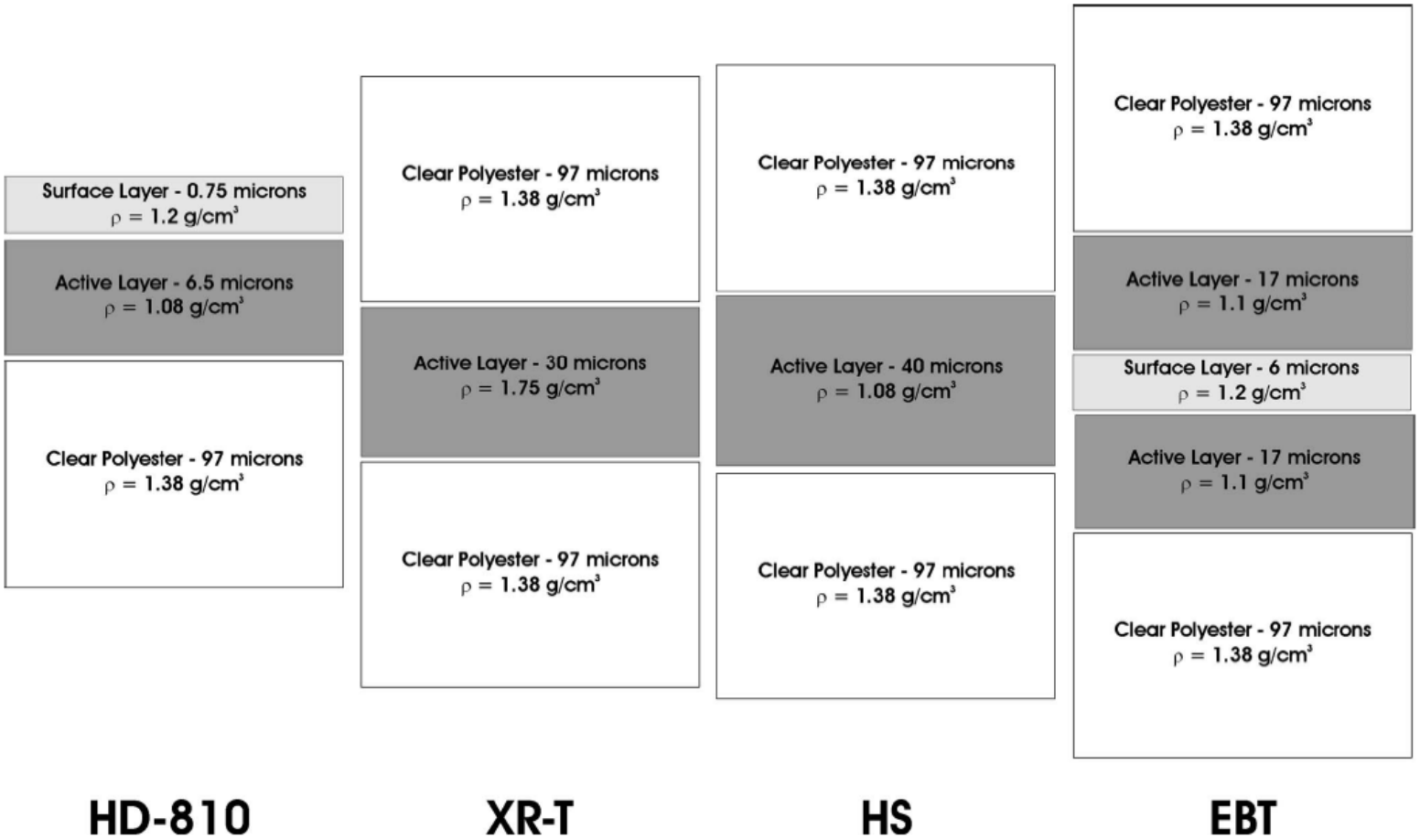


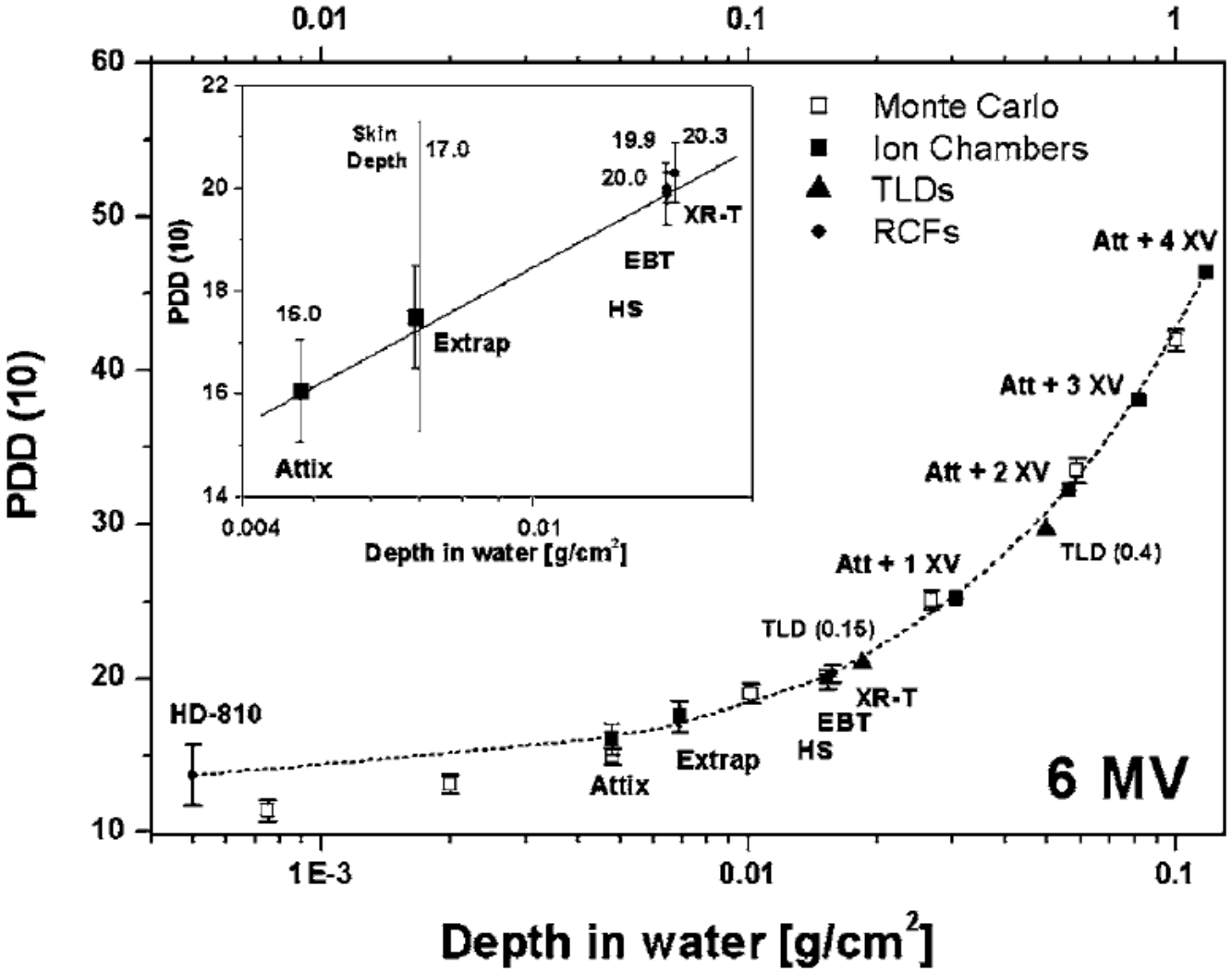
FIG. 1. Structures of GAFCHROMIC® film models used in this study.

使用した検出器の実効測定深

TABLE I. Effective points of measurement as well as ratios of stopping power ratios at the effective point of measurement (z_{eff}) and at z_{max} for dosimeters used in this study.

Dosimeter	Depth scaled by density (g/cm^2)	Equivalent depth in water (μm)	$\left(\frac{L_\Delta}{\rho}\right)^{wat}_{det}(z_{eff})/\left(\frac{L_\Delta}{\rho}\right)^{wat}_{det}(z_{max})$
HD-810 GAFCHROMIC® film	0.0004	4	0.9996
Attix chamber	0.0048	48	1.012[a]
Extrapolation chamber	0.0069	69	1.010[a]
HS GAFCHROMIC® film	0.0153	153	0.9993
EBT GAFCHROMIC® film	0.0153	153	0.9997
XR-T GAFCHROMIC® film	0.0157	157	0.9997
TLD-100 (0.15 mm)	0.0185	185	1.002
Attix chamber + 1 XV-2 sheet	0.0305	305	1.009[a]
TLD-100 (0.4 mm)	0.0496	496	1.001
Attix chamber + 2 XV-2 sheets	0.0562	562	1.007[a]
Attix chamber + 3 XV-2 sheets	0.0819	819	1.006[a]
Attix chamber + 4 XV-2 sheets	0.1176	1176	1.005[a]

PDDで比較


Monte Carlo
Ion Chambers
TLDs
RCFs
6 MV
PDD (10)
Depth in water [g/cm²]
HD-810
Attix
Extrap
HS
EBT
XR-T
TLD (0.15)
Att + 1 XV
TLD (0.4)
Att + 2 XV
Att + 3 XV
Att + 4 XV
Skin Depth
17.0
16.0
19.9
20.3
20.0
Depth in water [g/cm²]

各種検出器での測定値から皮膚線量を導出するには

TABLE II. Correction factors necessary to scale the dose measured at the effective point of measurement for a given detector used in this study to the clinically relevant skin dose depth of 70 μm.

	Skin (70 μm)	Attix	EBT	HS	XR-T	TLD (0.15)	TLD (0.4)
PDD (z_{eff}, 10, 100, 6 MV)	17.0	16.0	19.9	20.0	20.3	21	29
Correction	1.000	1.062	0.854	0.850	0.837	0.810	0.586

ビルドアップ領域における各種検出器の実効測定深におけるPDDと70μm（皮膚）でのPDDと補正係数の関係

当院の測定器で皮膚線量が測れるか？

電離箱での測定

　通常PDDは内径3㎜のCC13sで測定

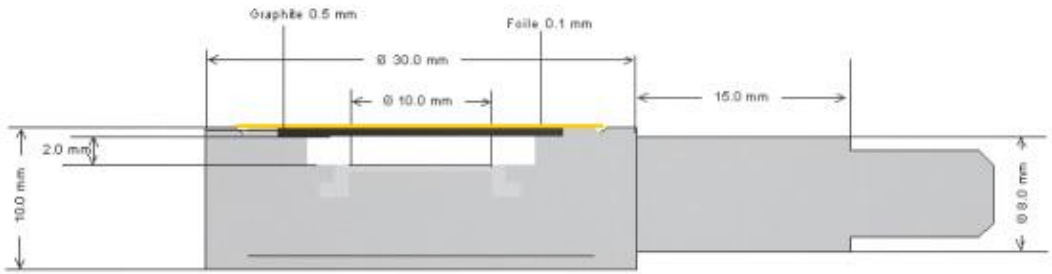
　ただし確認するパラメーターは、ピーク以降の

　ピーク深、PDD10 、PDD20

　今回、PDDをNACP02、RTQAで測定

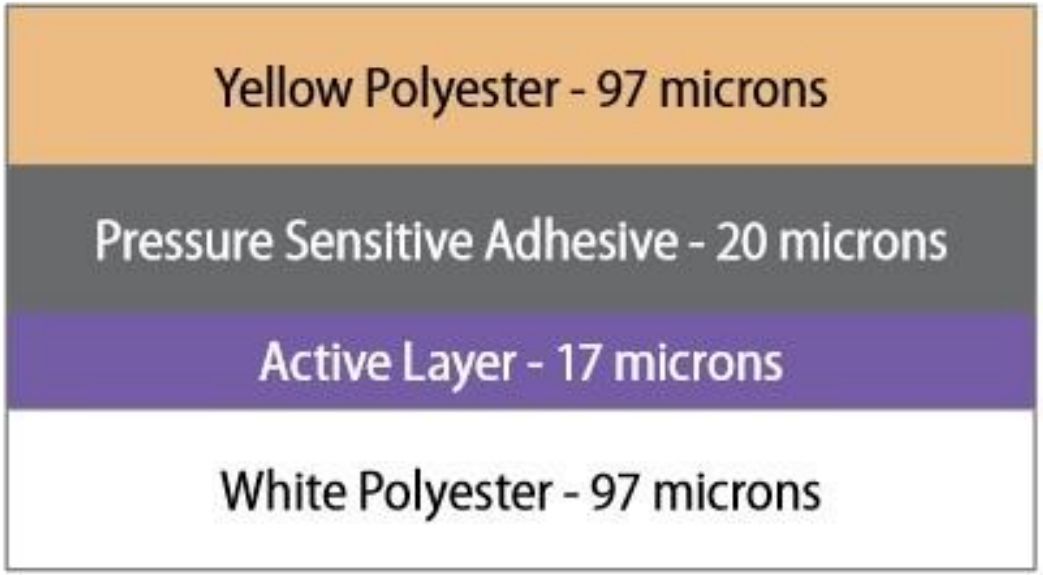
論文と同じ手法でRTQAでもPDDを取得

NACP 02



Front window thickness : 0.6mm

RTQA

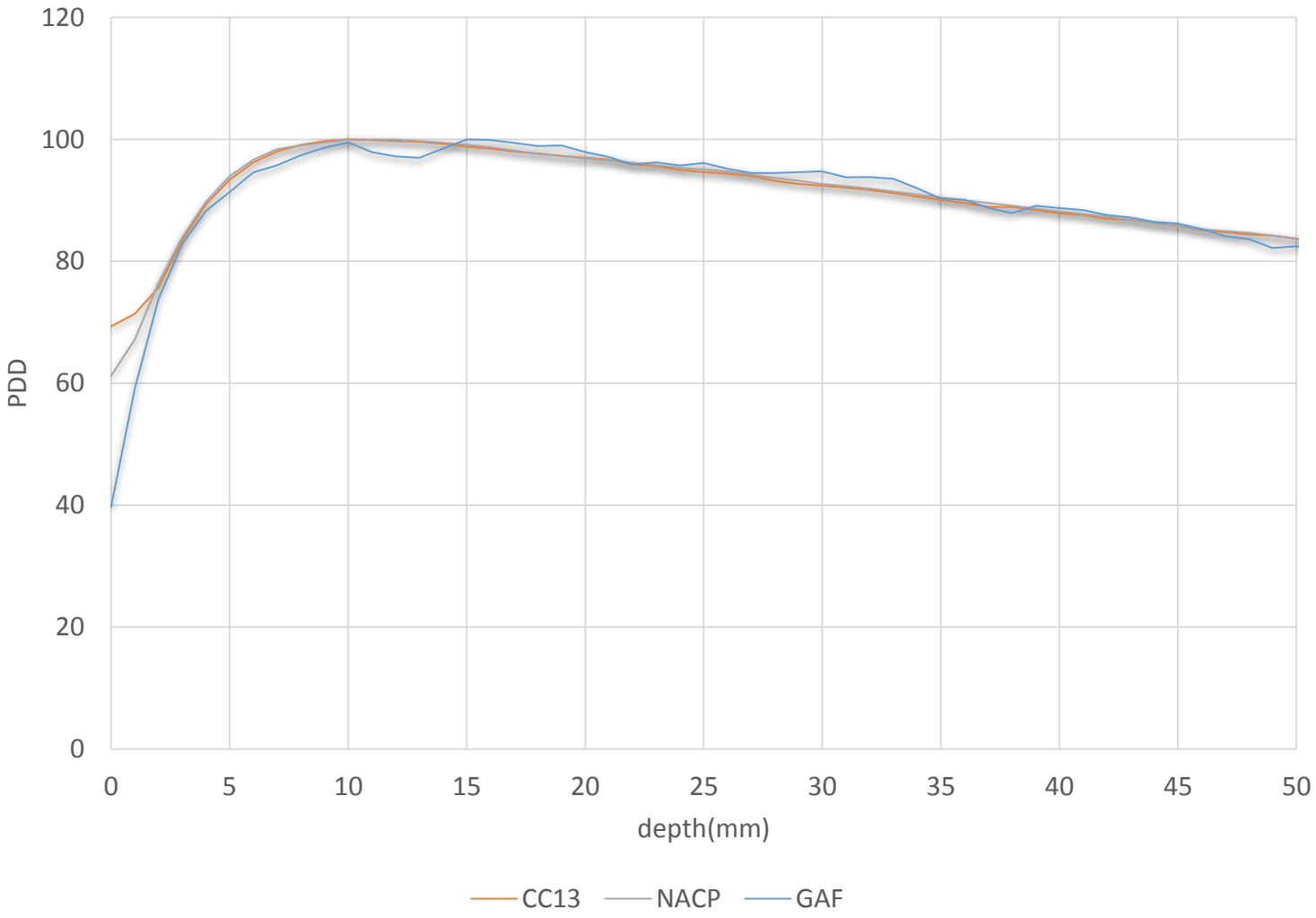


測定実効深 ：97＋20＋（17/２）

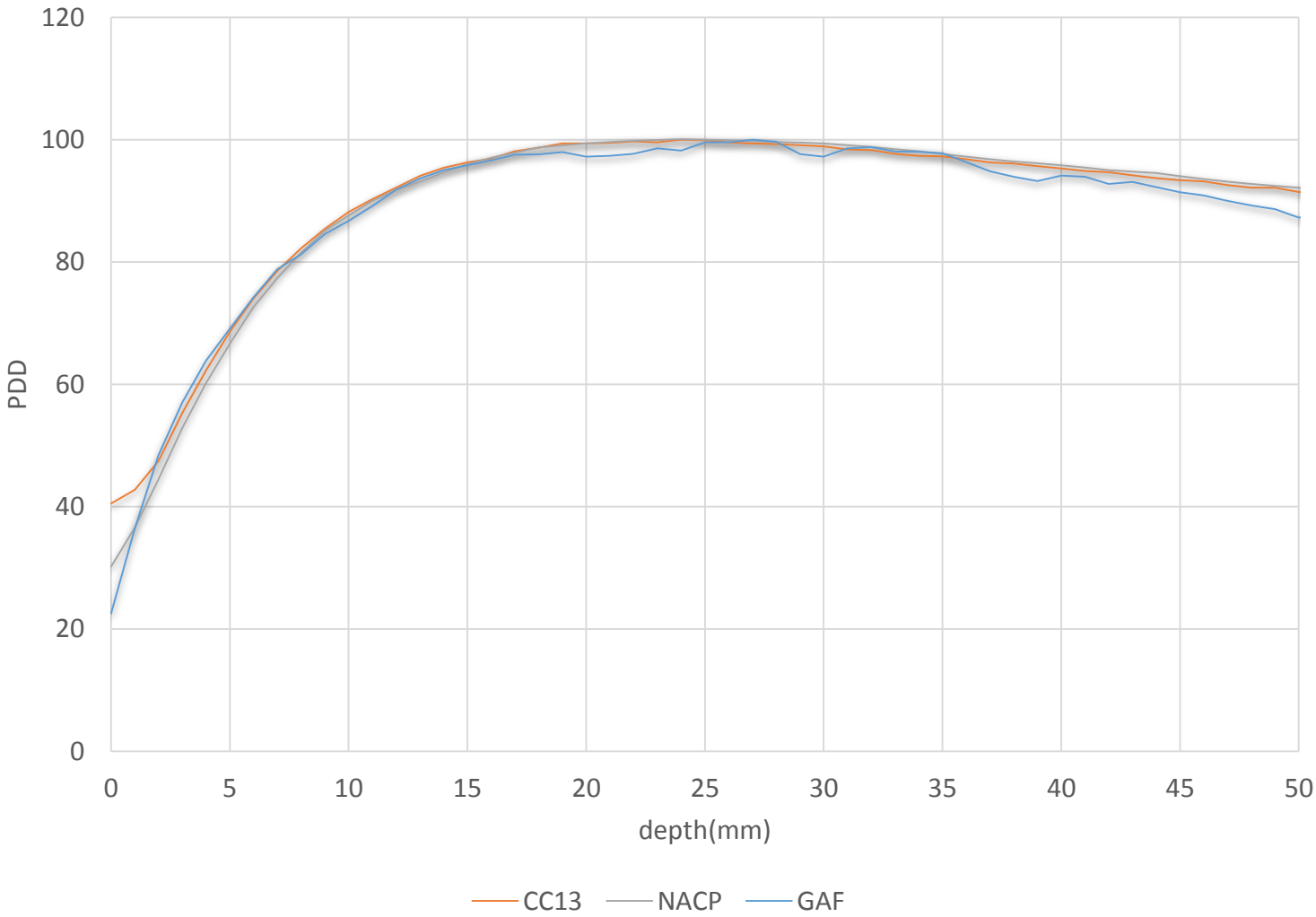
≒125μm

論文で使用したEBTは153μmでビームが6Xであったがほぼ同様の条件と思われる

PDD 4X


120
100
80
60
40
20
0
PDD
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
depth(mm)
CC13
NACP
GAF

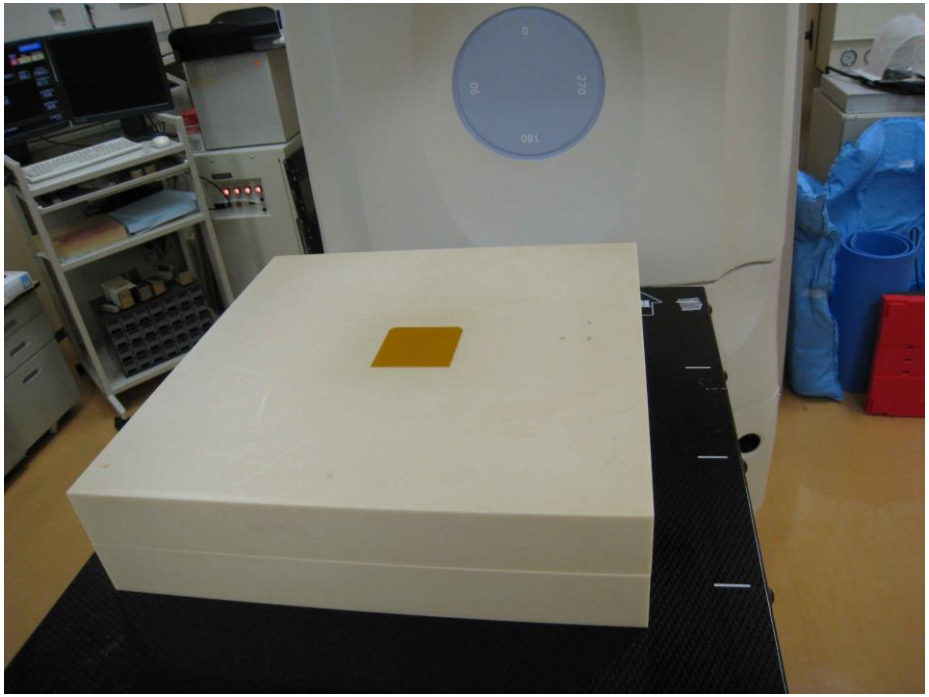
PDD 10X


120
100
80
60
40
20
0
PDD
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
depth(mm)
CC13
NACP
GAF

タオル・軟膏で皮膚線量が増加するか？

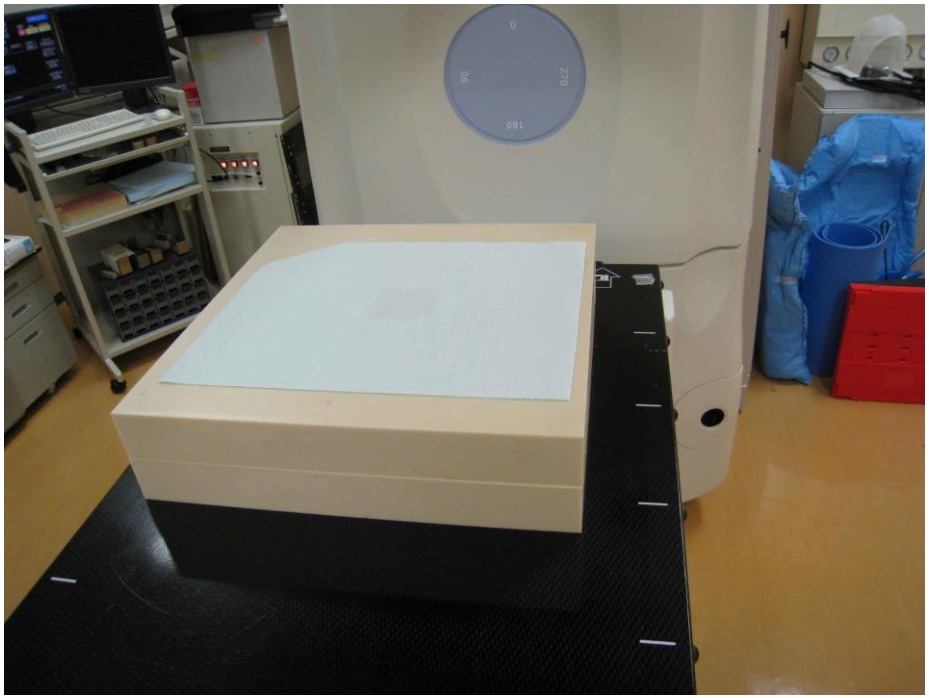
4X、10Xをファントムに入射する場合、ファントム表面に様々な表面線量を増加さると思わるものを配置してその有無で表面線量の増加の程度を確認

ファントム表面に配置したもの



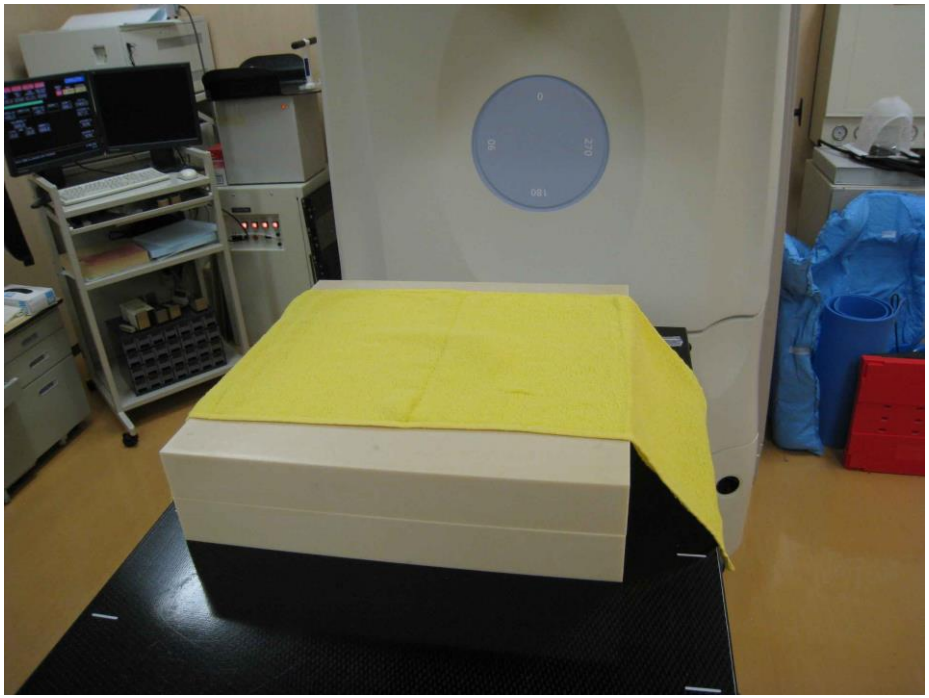
何もなし

ファントム表面に配置したもの



紙

ファントム表面に配置したもの



タオル

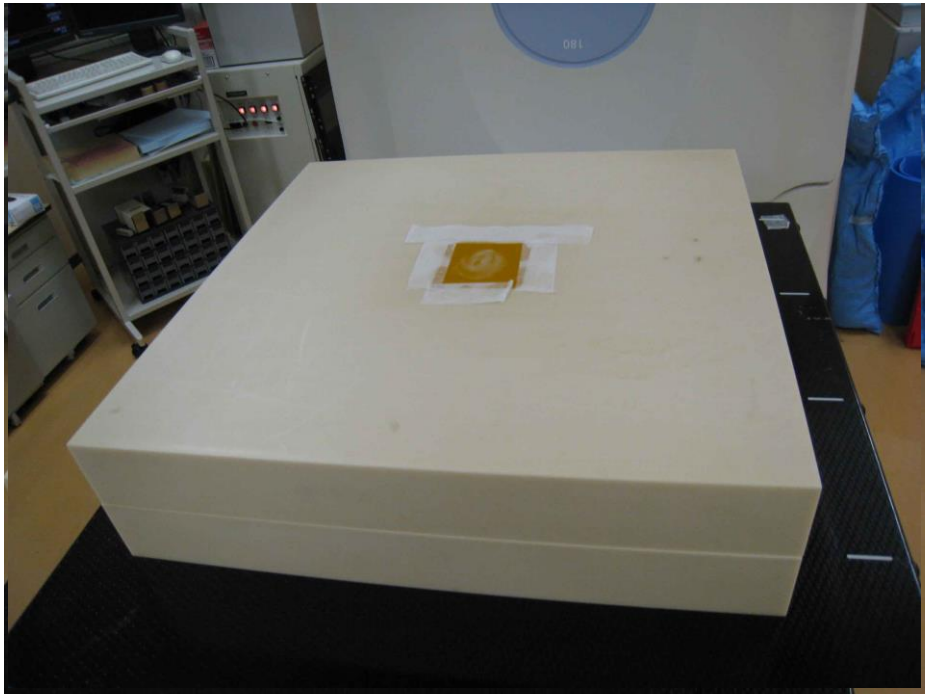
ファントム表面に配置したもの

バックロック

ファントム表面に配置したもの

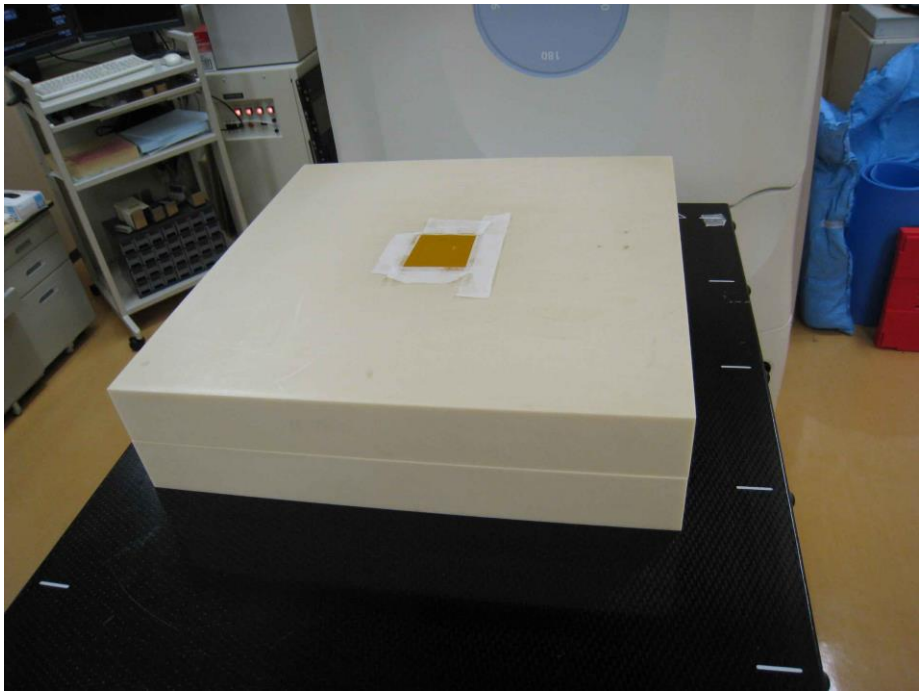
頭部用シェル

ファントム表面に配置したもの



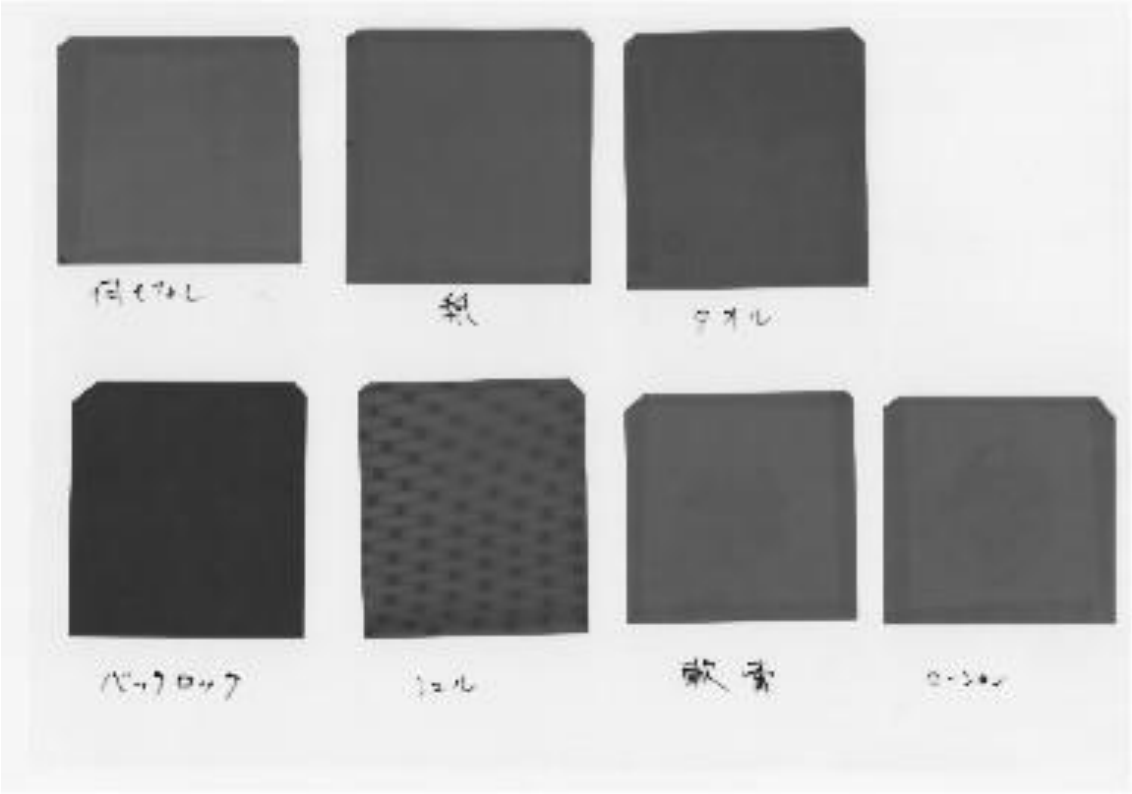
ステロイド軟膏

ファントム表面に配置したもの



保湿用ローション

曝射後のフィルムを読み取り



線量評価の際はスキャナの読取り位置依存性を考慮してスキャナの同一部位で読取り

測定結果 4X

	NACP 02	RTQA
紙	1.1 %	17.2 %
タオル	8.1 %	36.1 %
バックロック	42.9 %	151.6 %
シェル（平均）	10.3 %	55.8 %
シェル（網）	-	97.9 %
シェル（隙間）	-	22.8 %
ローション	-	14.6 %
軟膏	-	11.7 %

測定結果 10X

	NACP 02	RTQA
紙	1.8 %	24.8 %
タオル	10.2 %	74.3 %
バックロック	66.7 %	221.5 %
シェル（平均）	15.0 %	73.3 %
シェル（網）	-	144.3 %
シェル（隙間）	-	51.3 %
ローション	-	25.4 %
軟膏	-	18.7 %

タオル・軟膏で皮膚線量が増加するか？

結果

皮膚線量の増加が確認できた

4Xより10Xの方が線量増加率が大きい

→水透過1㎜の物質を付加したとき

4X　PDD（1㎜）39.7% → PDD（2㎜）59.2%

増加率：49%

10X　PDD（1㎜）22.5% → PDD（2㎜）36.5%

増加率：62%

軟膏の塗布でも少なくとも1割は皮膚線量が増加