

ガフクロミックフィルムの取り扱いに関して

2018年10月11日
第10回ガフクロミックフィルム研究会 配布版

ガフクロミックフィルム研究会 編

D
H
E
F
J

目次

初めに.....	4
1. ガフクロミックフィルム の歴史.....	5
2. ガフクロミックフィルムの種類と用途.....	8
4. 受け入れ～保管.....	11
5. 使用準備.....	11
6. コントロール（線量対濃度の特性曲線）の作成.....	11
7. 潜像及び濃度変化.....	14
8. スキャナーを用いた収集に関して.....	16
9. その他の収集事前検討事項.....	18
10. コントロール曲線（線量校正曲線）の作成手法.....	19
11. 多CH処理.....	19
12. ラテラル依存性.....	19
13. 照射後のフィルム保管に関して.....	20
14. 長期未使用のフィルムに関して.....	20
15. 廃棄.....	20
最後に.....	20
・参考文献.....	21

初めに

ガフクロミック研究会は、平成 21・22 年度日本放射線腫瘍学会課題研究グループ「ラジオクロミックフィルムを用いた IMRT の線量分布検証に関する指針作成」がきっかけとなり発足し、2009 年（平成 21 年）9 月 17 日に国立京都国際会館で日本放射線腫瘍学会学術大会中に開場をお借りして第 1 回の研究会を開催した。その後も毎年、日本放射線腫瘍学会学術大会の大会事務局および関係者のご支援により、毎年研究会を企画開催し、今回（2018 年 10 月 11 日）の研究会で記念すべき第 10 回の開催となった。第 1 回当時は EBT2 がリリースされたばかりであったが、その後 10 年でガフクロミックフィルムは大きな進化を遂げ、放射線治療領域では、RTQA 2, EBT3、EBT-XD といった多くの製品がリリースされた

ラジオクロミックフィルム¹が広く線量測定に使用され実用化されてきている現在、各方面からの定義や規格が定まりつつある。その代表格が国際規格である ISO/ASTM 51275 : Standard Practice for Use of a Radiochromic Film Dosimetry System その他、国内では「ラジオクロミックフィルム線量計測システムの使用方法」¹として J I S の規格化が進められている。これらのクロミックフィルムは工業面での規格化が主体であるが医療用として多くのフィルムが使用される現在、放射線治療及び診断領域も含めた形で検討されている。内容的には適応範囲、用途、校正等であり、ラジオクロミック線量計概要としての内容となっている。

今回、第 10 回ガフクロミックフィルム研究会の開催に合わせ、本研究会の専門性を考慮し、医療現場での取り扱いの基準化を目指し、主に放射線治療分野でのガフクロミックフィルムの取扱いに関する手引書を作成するに至った。この文書が皆様の日常業務を実施するにあたり一助となれば幸いである。本文書の作成にあたりご支援いただいた関係各位には心より感謝申し上げます。

2018 年 10 月 11 日
ガフクロミックフィルム研究会 代表
小澤修一（広島がん高精度放射線治療センター）

¹ ガフクロミックフィルムは商品名であり、一般名称はラジオクロミックフィルム。

1. ガフクロミックフィルム の歴史

ガフクロミックフィルムの歴史は古く現像過程を要しない電子の記録媒体として1988年頃から開発が始まっていた。現在の仕様とほぼ同等で比較的低感度の製品（HS、HD-810、XR-R等）は1990～2002年の間で提供されていた。その後、2002年により高感度のRTQA、更に高感度のXR-QAが開発された。EBTは2004年より提供されていた。しかし、製造工程の変更を余儀なくされ2008年にEBTの製造が終了した。ここで全ての製品は一新される。EBTの後継としては2009年からEBT2が提供された。2011年EBT3が発売され2015年までの間EBT2とEBT3は併売される。2016年超高感度タイプのXR-SP2シリーズの製造中止された。2015年にEBT-XDが発売され現在に至る。

ラジオグラフィックフィルムとラジオクロミックフィルム

A. ラジオグラフィックフィルム：

現像処理を必要とし、ハロゲン化銀が還元され黒化する作用を利用している。

その組成に銀粒子を含みエネルギー依存性がある。

更に、フィルム面に対して、垂直に照射される場合と平行に照射される場合とで、依存性がみられる。

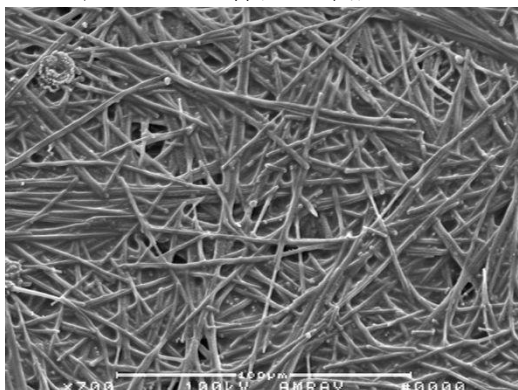
また、フィルムの線量特性は現像時の液温などの現像条件に依存する。従って、この現像処理の依存性を可能な限り排除する為、現像条件の管理が特に肝要となる。

遮光の為、レディパックを使用する場合、ファントムとの圧着ムラの影響を受ける場合がある。

また、裁断などの後、ファントム間へ固定する等の作業や現像処理の為、暗室での作業を伴う。

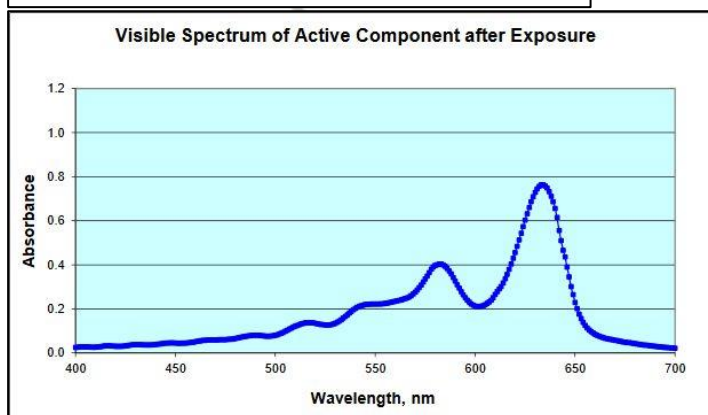
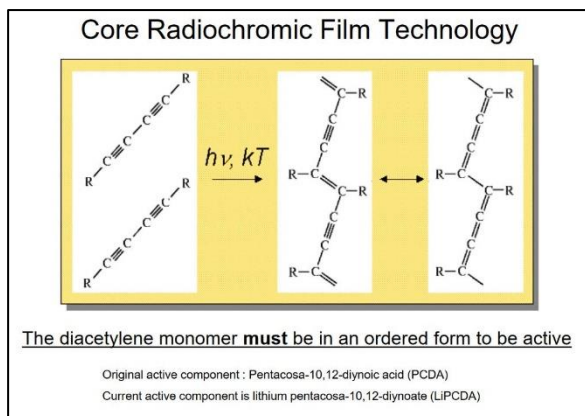
B. ラジオクロミックフィルム²：

現像処理を必要とせず、放射線感受性モノマーの破断・重合の作用によりポリマー化され染色される作用を利用している。



その組成は主に炭素水素酸素で構成され人体組成に近くまた高原子番号物質である銀粒子を含んでいない為、エネルギー依存性も小さい。

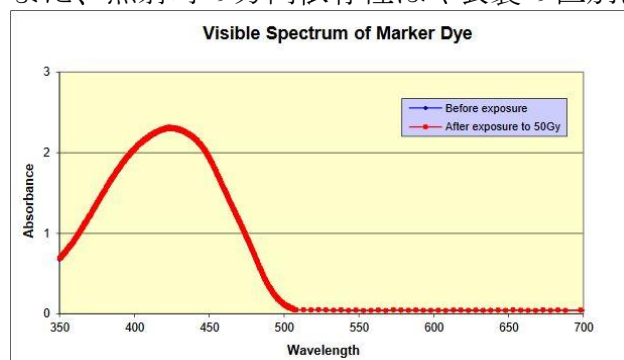
² ラジオクロミックフィルムはガフクロミックフィルム（商品名）の一般名称である。



Active Component 波長特性

明室で作業が可能なので、暗室を必要としない。現像を必要としないので、自動現像機が不要で必然的に現像条件の管理の必要がない。

また、照射時の方向依存性は表裏の区別はない。(EBT3)

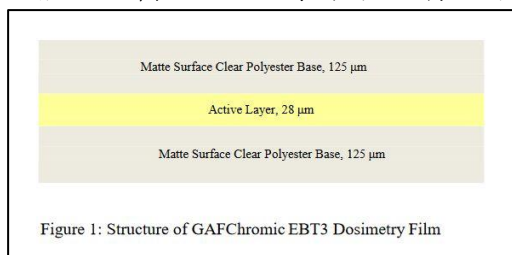


Marker Dye の波長特性

その一方、感光材の放射線感受性モノマーの棒状構造の為、スキャナーでの読み取り時に回転および表裏の方向依存性がある。照射時の方向依存は考慮する必要はないが、フィルムを使用する際の習慣付けのためにも、照射時にもフィルムの方向に注意することをお勧めしたい。EBT3 については、方向依存性が軽減されているが、臨床的に無視できる量にはなっておらず、未だにスキャン時のフィルムの方向には注意が必要である。

スキャナーにフィルムを配置する際、この読み取り時方向依存性を避ける為にフィルムの向きを統一する必要がある。方向依存性により*%の誤差が生じる可能性がある。フィルムを小片にカットする際には、毎回各小片の同じ方向の角に印をつける必要がある。

特に、特性曲線用に Field By Field 法を採用した場合、各照射フィルムの向きの統一に誤りが含まれると、特性曲線に不整合が生じ易くなり、注意が必要になる



左図は EBT3 の構造を示す

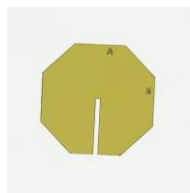
Material	Thickness microns	Apporoxi mate g/cm ³	COMPOSITION (ATOM%)										
			H	Li	C	N	O	S	Ba	Bi	Na	Cl	Al
Clear polyester film base	125	1.35	36.40%	0.00%	45.50%	0.00%	18.20%						
Active layer (contains approximately 5%)	28	1.35	55.80%	0.60%	31.10%	0.40%	10.50%	0.10%			0.10%	0.10%	1.40%

参考として上図に EBT3 の組成を示しておく。

2. ガフクロミックフィルムの種類と用途

現在、国内で流通する主な放射線治療分野(大線量用も含む)向けガフクロミックフィルム製品は以下の通りです。

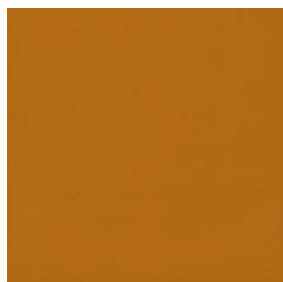
RT-QA2-111	1.5x11inch (約 3x28cm)	放射線放射線治療向け幾何学解析向き
RT-QA2-1010	10x10inch (約 25x25cm)	放射線放射線治療向け幾何学解析向き
RT-QA2-1417	13x17inch (約 33x43cm)	放射線放射線治療向け幾何学解析向き
EBT3	8x10inch (約 20x25cm)	放射線放射線治療向け線量解析向き (R:~10Gy) (G:~40Gy)
EBT3-1417	13x17inch (約 33x43cm)	放射線放射線治療向け線量解析向き (R:~10Gy) (G:~40Gy)
EBT-XD	8x10inch (約 20x25cm)	放射線放射線治療向け線量解析向き (R:~40Gy) (G:~200Gy)
MD-V3	5x5inch (約 13x13cm)	放射線放射線治療装置の管理等 (R:~100Gy)
HD-V2	8x10inch (約 20x25cm)	放射線放射線治療装置の管理等 (R:~1000Gy)



EBT3を用いた専用治療装置向けの製品もある。
左図はサイバーナイフ治療装置専用のフィルムの例を示す、
専用ツールにそのまま使用できるように加工処理が施されている。



左図はEBT2(現在は製造終了)とEBT3(右側)の相違を示す。
図に示すように薄い黄土色で半透明なシート構造である。
透過光で測定を行う。

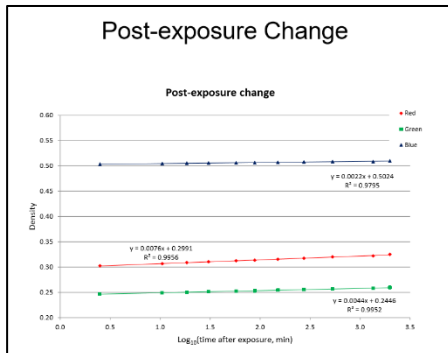


RT-QAフィルムは左図に示すように黄色の乳剤保護膜及び白色の背後保護膜のシートで覆われたフィルム。
反射光で測定を行う。

3 : GAFCHROMIC 固有の特性

ガフクロミックフィルムは固有の特性を有しているので使用前には以下に示す特性を把握しておく必要がある。主な注意事項として

3-A : 時間特性[1] (潜像)



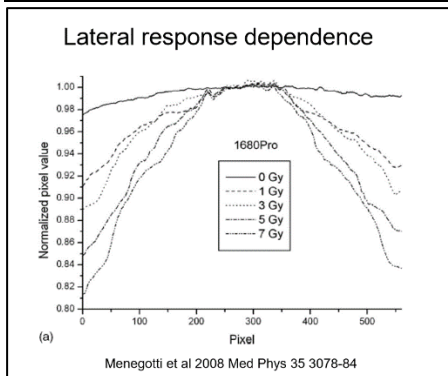
左図は照射後の R, G, B 各色の濃度変化を表したグラフである。

赤色の色変化が大きな事がわかる。

最低でも数時間（3時間以上）の遮光（机の引き出し中等）放置した後、データ取得を推奨する。

120分で0.006%程度の濃度変化に収まるが、特例としては各時間毎のコントロールを作成する場合もある。

3-B : 平坦度特性[2][7][8] (フラットベットスキャナーを用いた取り込み時の問題)



左図に示すのはフラットベットスキャナーの CCD 配列方向における各濃度と平坦度の関係を示す。

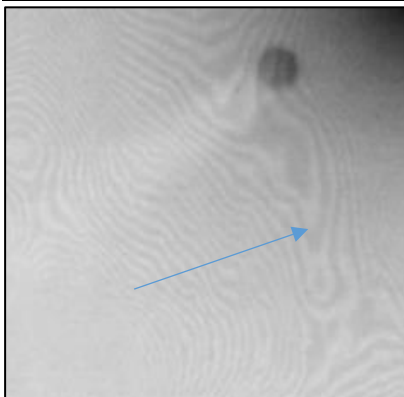
濃度の違いによる平坦度の相違が示されている。

（平坦度は濃度によって変わる）

専用の平坦度補正を施す事により改善する事も期待される*

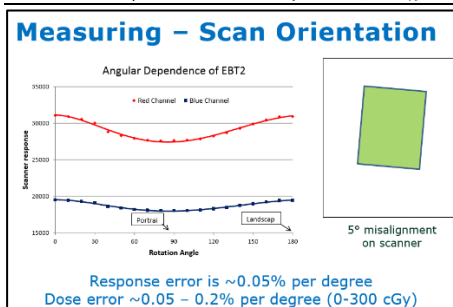
おおよそ、15 cm x 15 cm を超える範囲での取り込みを行う場合は注意する必要がある。

3-C : 光学的な障害陰影 (RT-QA)



左図は光学的障害陰影である RT-QA で生じたモアレの一例を示す。EBT3 ではこの障害陰影を考慮して5ミクロン程度の極小突起をフィルム面に生成しているが、RT-QA の場合はその限りではない。防止方法としてスキャナーのガラス面と GAFCHROMIC フィルム面に 1 mm 程度の空気層を準備すれば、障害陰影防止の大きな効果が期待できる。EBT2 を使用する際のモアレ除去についてはガラス板を使うなどのモアレ除去法も提案されている [10]。

3-D : フィルムスキャン時の傾きの問題[1]

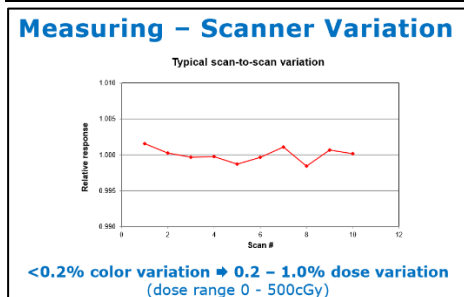


左図に EBT3 の傾きと取得情報の関係を示す。

図に示すように角度毎に取得濃度が変わることがわかる。

常時、決まった角度（0, 90 度等）で収集する事を推奨する。

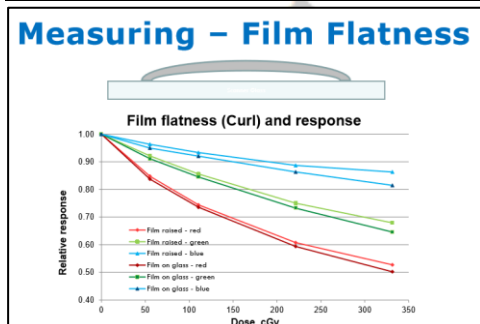
3-E：スキャン回数と濃度変化の関係[1]



左図に EBT3 のスキャン回数と取得情報の関係を示す。

図では3回～4回程度のスキャン回数が高結果を示しているが、各施設での通常収集では決まった回数での取り込みを推奨する。

3-F：フィルム（特に EBT3）の反り[1]



EBT3 の場合はフィルムの反りが生じる場合があり、思わぬ濃度差を取得する場合がある。上図に示すように反り防止のガラス等（～2mm 厚）を用いる事により修正が可能になる（線量対濃度特性時と同じ条件が必須）

3-G：切断



EBT3 フィルムを使用するとき、国内では切断を行いながら照射を行う場合が殆どである。

切断に最も適したツールとしては、レーザー加工機(左図)が最も優れており、自由曲線の切断が可能である。しかし高価であり特別な排煙装置を必要とする為、導入時には事前の検討を必要とする。

一般的には入手が容易で安価な鋏が使用される。刃の長い鋏及び又はギロチン式の Cutter を推奨する(左図下方)。回転式の Cutter 及び刃の短い鋏では剥離が生じやすい。[6]

以上が日常的な収集作業を行う場合に考慮する事例を示したが、各施設間で決められた方法を用い、繰り返し同一収集作業を行う事を推奨する。

4. 受け入れ～保管

4-1:入荷直後の扱い

ガフクロミックフィルム製品が手元に届く毎に、先ず中身を確認する。変色や過大な剥離などが無い事を確認する。

ガフクロミックフィルムの梱包には温度履歴検知シートが同梱されている。通常は濃紺となっている、高温状態に曝されるとオレンジに変色する。開封時、温度履歴検知シートが濃紺である事をご確認する。

必要に応じて、入荷直後に全フィルムにマークを付加しておくことも検討する。これは、単独使用時、フィルムの抜き差しで方向の間違いを防止する事が可能になる。

4-2 : 保管

製品に間違いがなければ保管を行う。

保管を行う場所は常温（40度以下）の治療装置操作室の机の中等に保管を行う。

4-2-A) 極度の乾燥室（電位計等の保管庫）では乳剤（アクテブレイヤー）が変質する可能性があるので推奨はしない。

4-2-B) 冷蔵庫内への保管は、取り出し時に周囲の湿気がフィルム面へ水蒸気として付着する可能性があるので推奨はしない。

5. 使用準備

コントロールデータの収集等で実際の作業を行う場合の注意事項を説明する。EBT3の基礎的照射の方法や指標としては、AAPM TG-55が参考になる。[5]

ここではEBT3の国内における、日常使用時の指標を述べる。

5-A) 扱いには使い捨てのゴム手袋等を事前に装着し、フィルムへの油脂の付着を防ぐ事。

5-B) 切断は前記の鋏、カッター、レーザー加工機等で処理されるが、マークが付加されているか？

5-C) 四角形等でのフィルムは出来る限り大きな面積のフィルムを用意する（例 3cmx3cm 以上）

5-D) 茶封筒等を（*MeV, Date, LOT#等を記載）事前に用意し切断フィルムを保管、照射の準備へ

進む(LOT#は製品箱に同梱されているシールを貼付するのも容易)。

6. コントロール（線量対濃度の特性曲線）の作成

基本的に異なる LOT 間でも特性曲線は一定であるが、突然色味が変化する事があり注意を要する。特性曲線が一定である事の確認の為 LOT 毎に特性曲線を作成し確認す

る。コントロール特性は使用エネルギー毎の収集する事が望ましい。各施設で特性曲線のエネルギー非依存性が確認できれば共用も可能である。

照射野 10cm x 10cm、深度 10 cm (SSD90) , 後方散乱体として 10 cm以上のファントムを用意する事を推奨する。

6-A) ファントムとセットアップに関して

固体ファントム : 利点としては、固体ファントム利用の場合、積層による深度設定が簡便であり、セットアップが比較的容易であることが挙げられるが、欠点は、ファントム素材や圧着程度の相違により濃度が左右される場合があるので注意が必要となる点である。

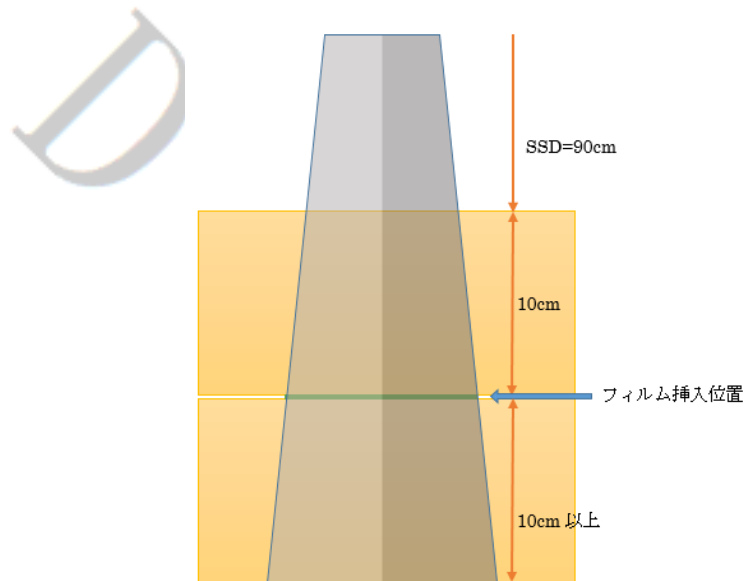
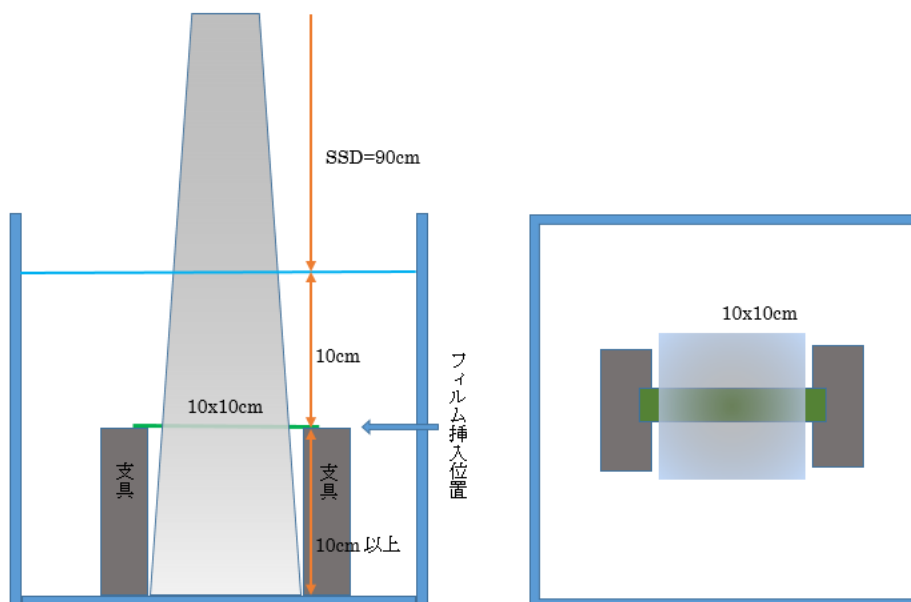


図 : 個体ファントムを使用した場合の設置一例。

水ファントム : 利点としては素材の影響がない事、圧着のムラが無い事などが挙げられるが、欠点としては、水を使用する為に設置～収集までの操作が煩雑になる。



図：水ファントムを使用した場合の設置一例。左は側面図、右は上面図。

6-B) 投与線量の目安

原則的にはご使用のフィルムの濃度上限までステップを取得するが、現実的には関心線量の2倍を目安にステップを作成する。8～10ステップ程度を推奨する。投与量は参考として

1回2Gy 処方の場合

MU=25, 50, 100, 150, 200, 300, 400, (500) を用意する。

1回20Gy 処方の場合の場合(20Gy)

MU=100, 300, 600, 900, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800 を用意する。

線量対濃度の関係は滑らかに変化するので制御点数は少なくても構わない。

6-C) 照射方法

曝射の方法としてはField by Field法とセグメント照射法がある。

6-C-1) Field by Field法

フィルムを小片に裁断し、1枚ずつ照射する手法。MU数を決めて算術的に吸収線量を求める。

また、線量を決めてMUを逆算する場合、整数MU値のみ設定可能な治療機では算出されたMU値によっては誤差が生じる事を理解する。

深度は10cm深を推奨する。用いた照射野に於けるTMR(A0, 10cm)の値が必要になる。

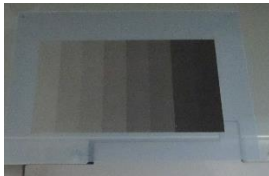
用いる照射野は任意であるが、10x10cmを用いるとOPFが1.000である為、計算には都合が良い。



6-C-2) セグメント照射法

フィルムは裁断せず、フィルム面にフィールドを限局して照射する手法。フィルムを裁断しない為、Field by Field の様なフィルム小片相互の向きの統一の問題は生じない。注意点としては、限局された各照射野は隣接している為、その吸収線量は隣接照射野からの散乱線の影響を受けている事も考慮する必要がある。限局照射野個別の実測では考慮は不十分と言える。各限局照射野毎に他の限局照射時の被りも含めて総積算線量を実測するか、又は、治療計画装置でセグメント照射法の治療計画を立て、各限局照射野の線量及びMUを算出する。

Field byField 法同様に cGy を決め MU を算出する場合、整数化 MU の影響が無い事を確認する。



6-D) 照射

6-D-1) 油脂がフィルム面に付着しないように手袋装着の状態でファントム間にセットして照射準備に入る。

この時のフィルムの向き、方向は問わなく、自由設定で構わない。

6-D-2) 照射は通常使用する線量率を用いて照射を行う、

6-D-3) 照射が完了したら照射時間を茶封筒等にメモしておき、照射後のフィルムを茶封筒中へ保管し、蛍光灯等の直射光は避けておく。

7. 潜像及び濃度変化

ガフクロミックフィルムでは曝射終了後からの経過時間に依存した濃度変化が生じる事が知られている（前記参照）。

曝射後変化 (Post Exposure Change) はフィルムへの曝射が終了してから、そのフィルムをスキャンするまでの経過時間に依存してフィルム濃度に相違が生じる事を指す。但し、曝射後変化は経過時間と共にその変化量は小さくなる。従って、濃度線量変換テーブル用のフィルムをスキャンする場合など、曝射終了時刻の異なるフィルム同士を一度にスキャンする際に注意が必要となる。

より短時間に線量評価を可能とする方法として、経過時間毎のコントロールテーブルを用意する方法もある。曝射後変化は経過時間に依存している為、一連のテーブル用照射の開始時刻と終了時刻の中央時刻を起点に、例えば2時間経過後に全てのテーブル用フィルムを読み込み保存する。その後、4時間後、6時間後など、異なる経過時間毎にスキャンし保存する。これらスキャン画像に基づき濃度線量返還テーブルを作

成する。但し、テーブル用フィルムを一括でスキャンする限り、元々、照射終了時刻にタイムラグがある為、1時間以内の経過時間テーブルは誤差が懸念される。

一方、各照射フィルム毎に照射終了時刻を記録管理し、各照射フィルム毎に経過時間スキャンを行なえば、照射終了時刻タイムラグは存在せず、タイムラグに内包される誤差のないテーブル作成が可能になる。この場合、1時間以内の経過時間で濃度線量返還テーブルを作成する事も可能となる。

7-1) 収集時間(スキャン時間)の設定

照射後の収集時間は、照射開始と照射終了の中間時間を用いて、必要時間ごとのコントロール曲線の取得を設定する。

それまでに照射されたフィルムをフラットベットスキャナーのガラス面へ設置しておく。

(ソリ防止の押さえガラス、RT-QA等の共有使用等では空気層用のガラス等も確認しておく)

フィルムはガラス面の中央部分へ並べ、取り込み準備を行う。

7-2) 高線量での収集

EBT3では10Gy程度までの線量に対応していますが、それ以上の(例30Gy等)線量特性を収集する場合は専用フィルムを用いた方法が容易です。

EBT-XDフィルム等は30Gy程度まで対応が可能ですが扱う方法は本方法と同じです [3]。

7-3) 赤、青、緑等の単色収集データを用いての処理に関して。

解析ソフトウェアによっては緑成分を補正に用いるなど、多CHでの処理が可能ですが照射～収集作業の取扱は同じです。

収集データとしてR-16Bit, G-16Bit, B-16Bit等で取得してあればアプリケーションへの応用が広がります。16bitは階調の為に16bitで65536階調になるが、8bitでは256階調になる。RGBはガフクロミックフィルムの波長特性を利用する為で、多CH処理への応用が可能になる。(解析ソフトの方で対応している必要があるが、ImageJ等でも応用は可能) [9]

8. スキャナーを用いた収集に関して

取り込みには一般的にはフラットベッドスキャナーの使用を推奨する。また、ガフクロミックフィルムの波長特性を利用する為、カラー48Bit (R-16Bit, G-16Bit, B-16Bit) の設定を推奨する。

イメージタイプはグレースケールも使用可能である。但し、ビット数は16を推奨する。また、グレースケールを採用した場合、後述する多CH処理への対応は適用されない。

また、保存書式(Tiff, バイナリ形式)は各社異なるのでフィルムドジメトリ装置メーカーに確認を行っておいてください。

透過原稿使用であるガフクロミックフィルムをスキャンするにはバックライト光源としての透過原稿ユニットが必要である。バックライトの光源には、白色LED、キセノン蛍光灯があるが機種により異なる。解像度は72DPI程度を推奨する。ノイズ除去としてMedian Filter等の使用も検討する、ただし、広範囲でのfilter処理を施すと主成分の信号成分をも処理してしまうので注意をする。

Other important selections for the driver settings are:

- **Professional mode:** allows activation of all possible selections
- **Film:** the preferred transparency mode is activated as opposed to reflection scanning
- **Positive film:** high/low response values correspond to light/dark areas on film
- **48-bit color:** activates three color channels with 16-bits/channel. 24-bit color (8-bits/channel) is unsuitable for accurate/precise film dosimetry
- **Resolution:** 50 or 72 dpi is usually sufficient for radiotherapy dosimetry, but the scanner is capable of far higher resolution if needed. Higher resolution increases image size and the time for dose calculation.

左図は製造元の推奨設定[6]

国内スキャナーとしては、EPSON の装置が検討される、そのスキャン条件のポイントとしては、

1. 原稿種をフィルムとする
2. フィルムタイプをポジフィルムとする
3. ガフクロミックフィルムの波長特性を生かす為、カラー(48bit)を選択する。
4. 解像度は72DPI程度とする。

の4点が挙げられる。

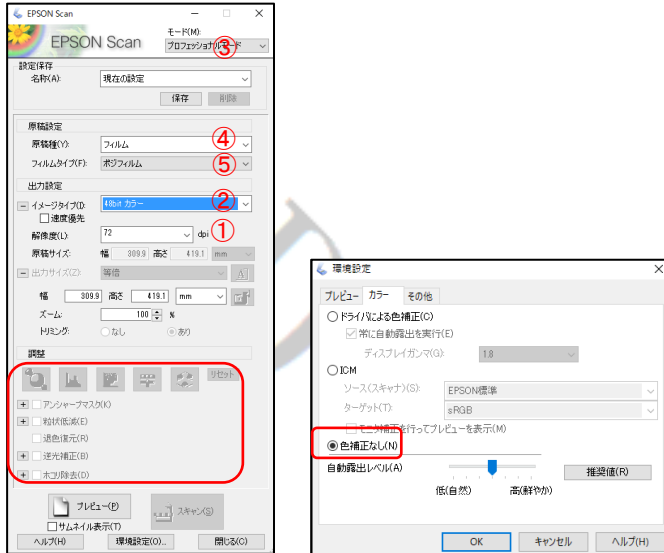
線量評価用のスキャンでは、”調整”の項目が全て無効化されている事を必ず確認することが必要となる。EPSON Scan ウィンドウの最下段”環境設定”ボタンから、”カラー”タブの”色補正無し”にチェックを入れる事で無効化される。

8-1) 下図に代表的な EPSON 社の取り込みダイアグラムの例を示します。

8-2) カラー (48bit) を選択する点

8-3) 解像度は 72 DPI 程度とする点

8-4) 線量評価用のスキャンで最も留意が必要な点は、”調整”の項目が全て無効化されている事を確認する点になる。EPSON Scan ウィンドウの最下段”環境設定”ボタンから、”カラー”タブの”色補正無し”にチェックを入れる事で無効化される。



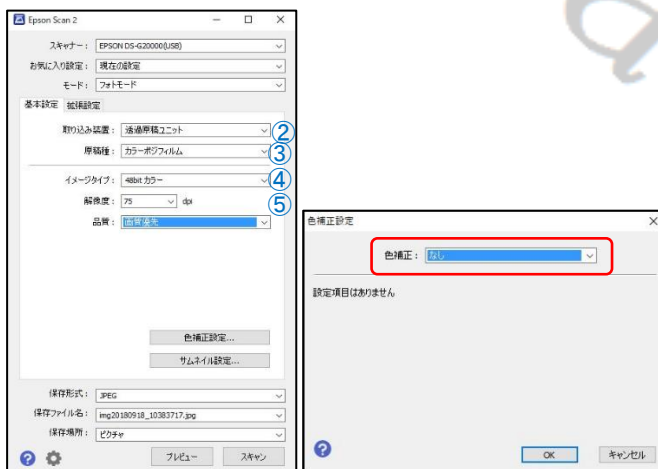
Other important selections for the driver settings are:

- ④ • **Professional mode**: allows activation of all possible selections
- ⑤ • **Film**: the preferred transparency mode is activated as opposed to reflection scanning
- ③ • **Positive film**: high/low response values correspond to light/dark areas on film
- ① • **48-bit color**: activates three color channels with 16-bits/channel. 24-bit color (8-bits/channel) is unsuitable for accurate/precise film dosimetry
- ② • **Resolution**: 50 or 72 dpi is usually sufficient for radiotherapy dosimetry, but the scanner is capable of far higher resolution if needed. Higher resolution increases image size and the time for dose calculation.

上記は製造元のマニュアルからの参照であるが左図の国内 EPSON のドライバーとの対応が同じである事が分かる。

最後に調整の項目が非アクティブであれば OK ですがそうでない場合は環境設定から’色補正なし’を選択して下さい。

ES-10000G, ESG11000 の場合



左図は DS-G20000 の例を示します。

8-1~8-4 に示すように ES-10000G, ES-G11000, DS-G20000 とともに全て透過原稿、自動濃度補正無し、75(72)DPI を推奨する。

9. その他の収集事前検討事項

EBT3 の特徴としてコーティング層表面のモアレ防止加工が施されている。これにより、通常のスキャン解像度であればモアレの発生は最小限に抑えられるが RT-QA 等の反射原稿を使用する場合は空気層を設定する必要がある。

その為には常時空気層を持たせたガラス板の設置も検討する。[10]

ガラス板はホームセンター等でフォトフレームのガラス(～2mm 厚)を用いると容易である。

スキャナーガラス面に直置きで、ガラス板上から抑え付ける。(注、抑えのガラス板を使用した場合には以降全てのスキャンは抑えのガラス板を用いる)

9-1) コントロール曲線 (線量校正曲線) の取り込み

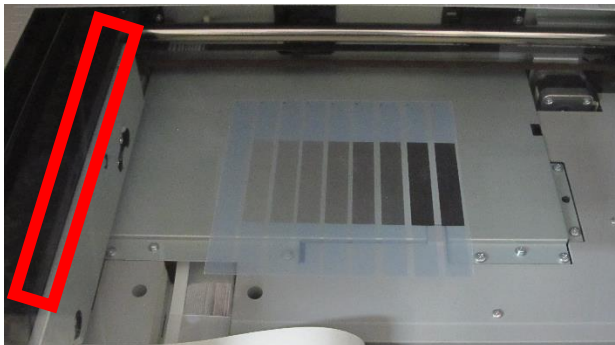
フィルムの向きを予め定めたオリエンテーションの向きに合わせて配置する。

ここではエプソン社製 ES-G11000 を例にする。

9-1-1) Field by Field 法

スキャナーに向かって左右方向 (走査方向) に順にテーブル用に曝射したフィルムを並べる。

奥行き方向には中央付近に配置し、並べた全フィルムを一度にスキャンする。



最左側は CCD のキャリブレーション領域になります。

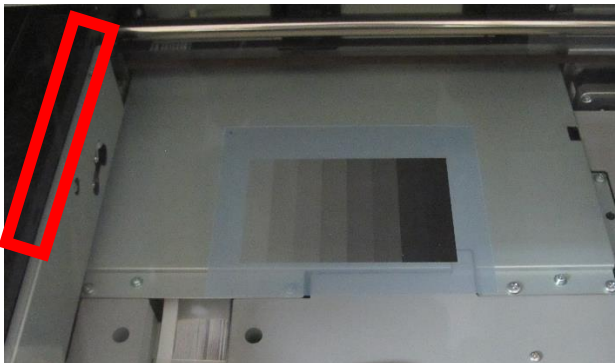
この範囲内にはフィルムが入らないように注意します。

中央付近で常時収集する事を推奨します。

9-1-2) セグメント照射法

フィルムの向きを予め定めたオリエンテーションの向きに合わせて配置します。

濃度線量変換テーブル用のスキャンで抑えのガラス板を使用した場合には検証用フィルムのスキャンでも抑えのガラス板を使用する。



最左側は CCD のキャリブレーション領域になります。この範囲内にはフィルム

が入らないように注意します。中央

付近で常時収集する事を推奨します。

10. コントロール曲線（線量校正曲線）の作成手法

フィルム濃度から吸収線量への変換には予め取得した濃度線量変換テーブルから特性曲線を作成する。

濃度線量変換テーブル用の曝射時の吸収線量を確認する。各曝射の吸収線量の値と対応するフィルム画像の濃度をセットとする。順次、吸収線量とフィルム濃度のセットを作成する。ベース濃度として未照射のフィルムの濃度を吸収線量 = 0 cGy とする。コントロール曲線の作成手順は使用する Film Dosimetry ソフトウェアに従って下さい。

以下に線量校正曲線を作成する際に使われる近似式と特徴の一覧を示す。

直線近似	テーブル上の各点を通り点と点の間を直線で結ぶ。テーブルの点数が少ないと補間部分で乖離が大きくなる。一般に外挿はされない。
スプライン近似	テーブル上の各点を通り点と点の間を滑らかな曲線で結ぶ。各点を通り滑らかに結ぶ為、フィッティングの良い近似になる。一方で、各点にイレギュラー値があった場合、そのイレギュラー値に追従してしまう。全体的に滑らかで、各点で逆転現象など無い事の確認が必要となる。外挿はされない。
多項式近似	テーブル上の各点を考慮し全体的に滑らかな曲線を描く。必ずしも、各点は通らない。次数が適切であれば、テーブルのイレギュラー値への追従は小さいと言える。テーブル各点を必ずしも通らない問題はあるが、全体としては妥当と言える。外挿が可能である。一般に3～5次が多い。

11. 多CH処理

カラー48BIT で取得されたデータは多CH処理を行うソフトウェアも用意されている場合も有るが、各ソフトウェアにより処理方法が異なるので各メーカーへ確認してください。

12. ラテラル依存性

現在、頭頸部などの広い照射野の検証時、フィルム辺縁で線量誤差が大きくなる現象が知られている。これはスキャン時のスキャナーの移動方向に対して直交する CCD 配列方向に出現し、その依存性はスキャンの中心軸からの距離と線量の両方に依存している。（ラテラル依存性と呼ぶ）。本研究でも二回の報告がある[5, 6]が、前記でも示しているが、ガフクロミックフィルム使用時の特有問題でもある。ソフトウェアによる校正の為、手法や手順が異なるので各メーカーへの確認をお願いします。

13. 照射後のフィルム保管に関して

曝射後のフィルムの保管には注意を要する。特に長期に保管する場合には蛍光灯などからの紫外線を避け遮光された環境（前記の茶封筒等）に保管する。後日再評価（再スキャン）するフィルムの保管には留意するし、LOT 番号が混在しない様に保管することが重要である。

また、長期に保管すると遮光されていても自己変化により濃度が変化する事が知られている。再スキャンまで無用に間隔を空けない事も肝要になる。

14. 長期未使用のフィルムに関して

長期間（～1年等）未使用の場合は自然黒化が進む事が考えられるため、必ず同一箱のフィルムでコントロール曲線を再取得し、その上で使用して下さい。

15. 廃棄

ガフクロミックフィルムは従来の銀塩フィルム等と異なり銀などの高原子番号物質を含んでいない為、廃棄は一般の廃棄物として可能である。

最後に

ここまでガフクロミックフィルムの受け入れ～保管～コントロール特性の準備、データ収集、廃棄処理等の一連を説明したが、特性等の特有課題も考慮し、各施設の基準に合わせた一連の作業の一助となれば幸いである。

・参考文献

1. A. Micke, D. Lewis; GAFCHROMIC Specifications State of the Art Film Dosimetry;
http://www.gafchromic.com/documents/Micke_Lewis_State_of_the_Art_Film_Dosimetry_Oregon_201211.pdf
2. D. Lewis; Radiochromic Film;
http://www.elimpex.com/new/products/radiation_therapy/Gafchromic/content/Lewis_Radiochromic_Film_20101020.pdf
3. Hideharu Miura, Shuichi Ozawa, Fumika Hosono, Naoki Sumida, Kiyoshi Yamada, Yasushi Nagata; Gafchromic EBT-XD film: Dosimetry characterization in high-dose volumetric modulated arc therapy; JOURNAL Applied Clinical Medical Physimetry. 2016 Nov 8;17(6):312-322.
4. Martin J. Butson, Peter K.N. Yu, Tsang Cheung, Peter Metcalfe: Radiochromic film for medical radiation dosimetry, Materials Science and Engineering R 41 (2003) 61-120
5. Valeria Casanova Borca, Massimo Pasquino, a Giuliana Russo, Pierangelo Grosso, Domenico Cante, Piera Sciacero, Giuseppe Girelli, Maria Rosa La Porta, Santi Tofan: Dosimetric characterization and use of GAFCHROMIC EBT3 film for IMRT dose verification, JOURNAL OF APPLIED CLINICAL MEDICAL PHYSICS, VOLUME 14, NUMBER 2, 2013
6. ; Efficient Protocols for Accurate Radiochromic Film Calibration and Dosimetry;
<http://www.gafchromic.com/documents/Efficient%20Protocols%20for%20Calibration%20and%20Dosimetry.pdf>
7. 鎌田茂義、佐賀将、伊佐次範也、安藤忍、宮沢正則、小口宏: Flat Bed 型スキャナー使用時の平坦度特性の改善、第7回ガフクロミックフィルム研究会、2015年11月19日
8. 谷越雅幸: フラットベットスキャナーを用いた EBT3 フィルム平坦度補正法、第8回ガフクロミックフィルム研究会、2016年11月27日
9. 上原隆、橘 英、伊藤 康、吉野慎、松林史泰、佐藤智春: 線量分布解析におけるラジオクロミックフィルムドジメトリーの正確性の向上に関する取り組み—フラットベットスキャナーの影響の補正法と色成分を利用した補正法の組み合わせ—、日本放射線技術学会 Vol.69 No.6 2013.
10. 辰己大作、小澤修一: Radiochromic film におけるモアレアーチファクト除去法—透過型への応用—. 日本放射線技術学会誌, 68: 169-172, 2012.