

平成12年度卒業研究論文発表要旨

<日時>平成12年12月20日

13:00~17:00

<場所>1-201教場

マンモグラフィにおける撮影条件と画質

838008 宇津野 俊 充

【目的】

乳房撮影装置を用いてコントラスト、粒状性の評価を行うことにより撮影条件と画質の関係について検討した。

【実験方法】

1. コントラストの評価

タフウォータファントムを利用し、フィルタ、管電圧、グリッドをパラメータとしてコントラストの評価を行った。

2. 粒状性の評価

マイクロデンシトメータにより電圧毎に得たフィルムを測定し、RMS粒状度の評価を行った。

3. ROC評価

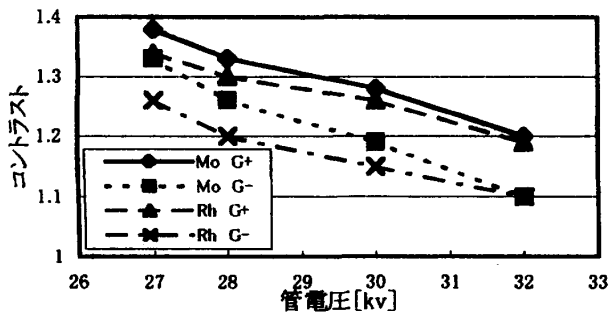
タフウォータファントム(4cm)上の低信号物質(ストロー)を撮影し、管電圧、グリッドをパラメータとしてROC評価を行った。

【結果】

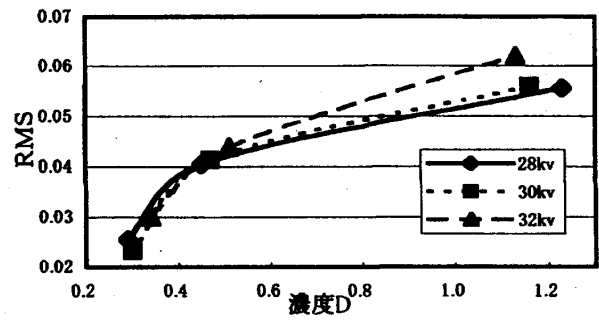
1. 管電圧が低く、グリッドを使用した場合コントラストは顕著に上昇した(グラフ1)。更に、フィルタはRhよりもMoを使用した方がコントラストは上昇した。

2. 管電圧が高いほどRMS粒状度はやや劣化した。(グラフ2)

3. ROC解析では管電圧が低いほど、またグリッドを使用した方が良い評価が得られた。



グラフ1 各撮影条件によるコントラストの変化



グラフ2 管電圧によるRMS粒状性

【考察】

乳房はX線吸収差の少ない組織が混在しており、軟部組織ながら含まれる散乱線は少なくない。このような特性をもつ乳房の画質を維持する為には撮影条件と画質の関係を十分把握する必要がある。まず、撮影条件のうちグリッド、管電圧、フィルタはコントラストを大きく左右する要因であることが認められる。乳房は軟線撮影とはいえ散乱線が多く含まれるため、散乱線除去効果のあるグリッドはコントラスト改善に有効である。また管電圧を低くするほどコントラストは上昇し、Mo フィルタを使用すると、K-吸収端により連続X線の高エネルギー成分が除去されるため、コントラストは上昇する。一方では同一のフィルム濃度を得るために管電圧を高くすると、フィルムに到達する光子の数は減少し粒状性はやや劣化すると考えられる。グリッドや電圧などコントラストが得られる条件がすべてROC解析についても優っていることから画質の判定にはコントラストが必要な要因となっていると考えられる。

【結論】

乳房画像において、管電圧を低く、またグリッド、Mo フィルタを使用することによりコントラストは向上し、視覚評価においても微少構造の描出能が良いことが分かった。

(指導 西尾 誠示 助教授)

X線量変化におけるCRマンモグラフィの描出

838019 梶原 直

【目的】

CR (Computed Radiography) システムではEDR (自動感度調整機構) の働きにより撮影

条件にかかわらず、一定濃度の画像出力が可能である。今回はCRシステムを用いて撮影線量の違いによる低信号物質の描出能を比較した。

【実験方法】

1. 撮影条件の設定

フィルム/増感紙 (F/S) 法においてマンモファントムを撮影し、中心部の濃度が 1.20 ± 0.05 となるような最適撮影条件28kV、56.8mAsを決定した。(以下オリジナル条件)

2. 視覚評価の試料作成

低信号物質としてストロー片 (2mm×8mm) を用いタフウォーターファントム上に並べた。F/S法におけるオリジナル条件を基にCR法にて撮影線量を1/2、2/3、3/2倍と変化させ撮影を行った。さらにオリジナル条件と線量2/3については強調処理を加え、周波数ランク (RN) 1, 3, 5、周波数強調度 (RE) を各々1, 2, 3とし試料を作成した。

3. 視覚評価

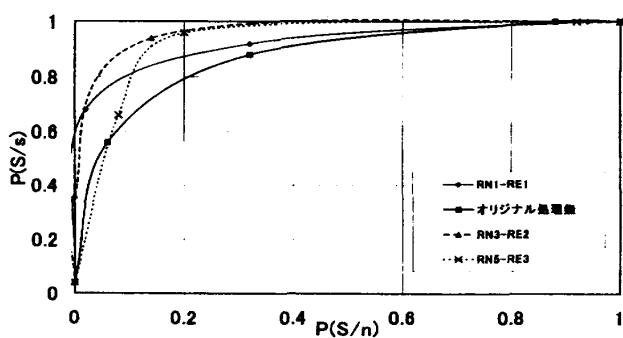
5段階評定確信度法を用い各々の試料に対してROC解析を行い、同時に感度・特異度を求めた。

4. 粒状度評価

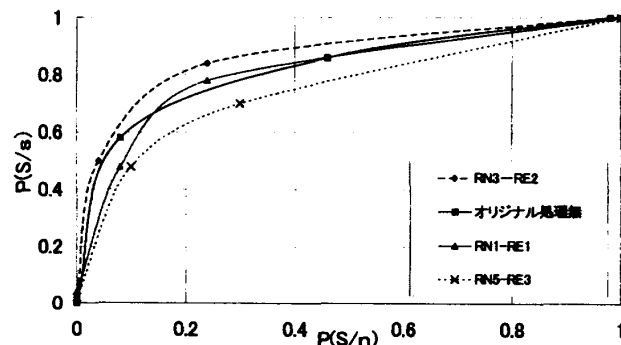
線量変化の際の同一撮影条件にてタフウォーター階段を撮影し、得られたフィルムをマイクロデンシトメータで走査し、RMS (粒状度) を求めた。

【実験結果】

低線量になるにつれRMS値は高くなり、それに伴い低信号物質の描出能は低下した。また、オリジナル条件における周波数処理については全てのパターンについて描出能の向上が見られたが、線量2/3については著しい描出能の向上は見られず、中周波数ランクであるRN5-



周波数処理における ROC 曲線 (オリジナル)



周波数処理における ROC 曲線 (線量変化2/3)

RE 3 の処理パターンにおいては処理無しと比較し、描出能は低下した。オリジナル条件・線量2/3の両者共RN 3 - RE 2 の処理パターンが最も描出能は優れていた。

【考察】

本実験による Noise 成分は線量低下に基づく粒状性である。一般に低線量であるほど、IP に到達する X 線量子数が減り粒状性は劣化する。基礎実験でオリジナル条件における CR と F/S を比較すると CR の方が画質は劣っていた (宇津野)。しかし、線量の増加あるいは画像強調処理により描出能は大幅に向上した。従って被曝低減の基本理念により淡い低信号を描出するという観点においては画像強調処理は有用であるといえる。しかし、粒状の劣化は著しく、特に線量2/3については処理を加えても描出能の向上は見られない。これは上記に記すような粒状性 (Noise) が大きく起因し低信号の強調と同時に Noise 成分の強調の度合いがオリジナルと比べ大きくなった為であると考えられる。またオリジナル条件及び線量2/3の画像は共に RN 3 - RE 2 の強調パターンにて描出能の向上が見られた。従ってマンモグラフィにおける強調処理については低周波ランク領域による画像強調が有用と言える。

(指導 西尾 誠示 助教授)

胸部 X 線像の画質評価

～ フィルタ厚による描出能 ～

838002 竹内 麻美

838020 三木 可奈子

【目的】

胸部撮影におけるフィルタ厚の変化が画像に及ぼす影響について視覚評価により検討した。

【実験方法】

フィルタの種類を Al2.5mm、Al2.0+Cu0.1mm、Cu0.2mm とし、バーガーファントム及び胸部ファントムを被検体として各フィルタ毎に最適な胸部濃度条件を選び、それぞれ描出能を評価した。管電圧は全て120kVとした。

1. 肺野濃度1.7と縦隔濃度0.7に相当するアクリル板をそれぞれ7.5cm、14.0cmを選び、フィルタ毎の描出能を調べた。

2. 胸部ファントムの肺野部、縦隔部、肺野肋骨部に模擬病変を重ね、ROC評価を行った。

【結果】

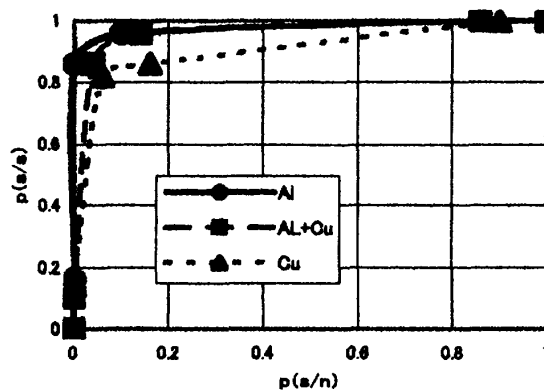
1. バーガーファントムでは肺野と縦隔部ともに、Al、Al+Cu、Cuの順に描出能が悪くなる傾向が見られた。
2. 胸部ファントムを用いたROC評価では、肺野部はAl→Al+Cu→Cu、縦隔部と肋骨部はAl+Cu→Al→Cu順で感受度と特異度が共に高かった。
3. 肺野部の淡い模擬病変は、Al→Al+Cu→Cuの順で鮮明であった。全体の画像を比較すると縦隔部ではフィルタ間の差はほとんど見られなかった。

【考察及び結論】

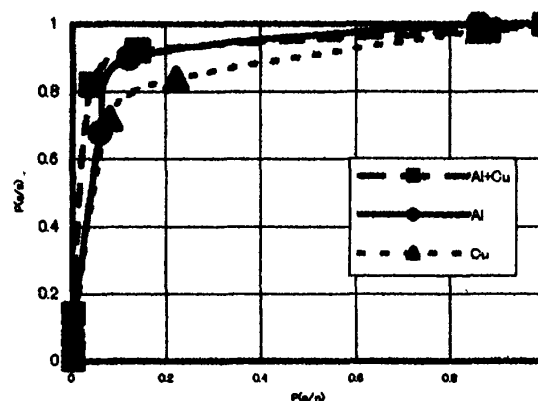
各々の画像は肺野部ではAlとAl+Cuの評価が高くなっているが、それ程線質が硬化していないために微少構造の描出能が維持されていると考えられる。肺野の肋骨に重なった病変についてはAlのみよりAl+Cuを用いた方がやや検出率が向上している。これは線質に起因すると推測されるが、視覚評価のみでは確証は困難である。縦隔部においてはAlのみとAl+Cuの差を評価できないが、Cuのみの場合には描出能は劣化している。縦隔部は被写体厚があり、微少構造の線コントラストが十分に得られないので高いエネルギーの撮影は更に不利になる。

臨床では縦隔部は比較的大きな構造のコントラスト、肺野では淡い微少構造の描出能が重要である。撮影条件は肺野が主体にならざるを得ないとすると、高線質化には限界があり、フィルタの厚さはAl2.5mm、Cu0.1mmが画質維持の境界になると言える。

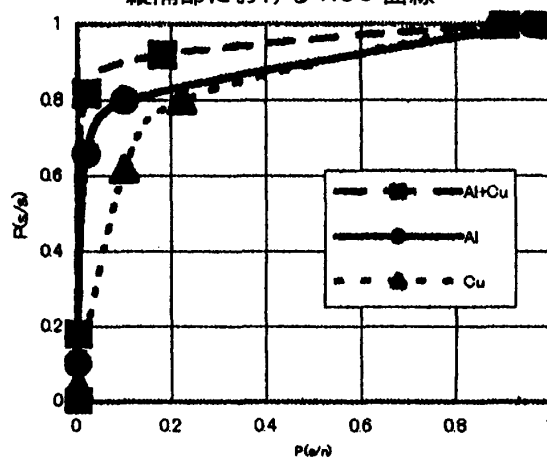
(指導 西尾 誠示 助教授)



肺野部における ROC 曲線



縦隔部における ROC 曲線



肋骨部における ROC 曲線

特性曲線の評価と応用

837040 萩原明快

838038 小野林孝

【目的】

フィルムの特性曲線について作成方法による違いを検討し、その応用について考察した。

【実験方法】

I) 作成法による特性曲線の比較

距離法、ブートストラップ法、時間スケール法で得られた特性曲線を比較すると共に管電圧とフィルター厚（距離法のみ）を変化させて特性曲線を比較した。

II) 距離法による特性曲線の応用

撮影条件70kV、40mA、0.04secにて、フィルム、HR-L、HR-S、RX-U、増感紙FS-V、HR-4、HR-6、HR-8を用い、それぞれ相対感度を求めた。更に増感紙を前面、後面を逆に装填した場合の曲線を比較した。

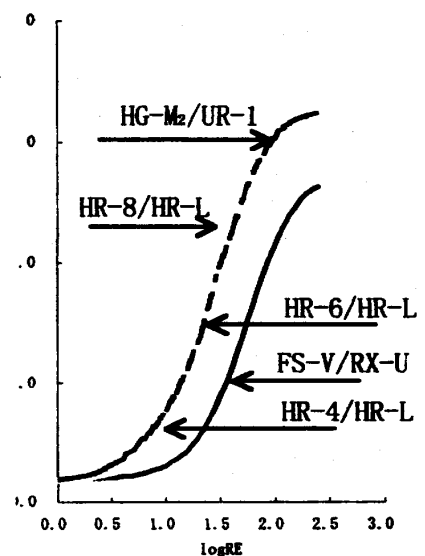
III) HR-L/HR-6を用い露光後から現像処理までの時間を変化させ特性曲線を比較した。

【実験結果】

I) 距離法に比べブートストラップ法では \bar{G} が低く、時間スケール法では高かった。距離法では管電圧とフィルター厚による変化はなく、ブートストラップ法では管電圧が増加するほど \bar{G} は低くなった。

II) 相対感度はFS-V/RX-Uを100として希土類感紙の感度がそれぞれ高かったが、 \bar{G} はほとんど変化がみられなかった。増感紙のfrontとbackを逆にセットした場合は逆の方が感度、 \bar{G} ともに高くなった。

III) \bar{G} は24時間、1週間後では直後より高くなった。現像日が変わると、立ち上がりが緩慢で、濃度も低下した。



増感紙とフィルムの組み合わせ

【考察】

3方法で得られた特性曲線は一致しない。その理由として、ブートストラップ法ではアルミ

階段を用いているため散乱線の混入や線質の変化が考えられる。また、時間スケール法では相反則不軌の影響が考えられる。フィルター厚を変化させると線質が変わるが、距離の逆二乗則から線量の減弱の割合が等しいので \bar{G} はひとしくなったと考えられる。

センシトメトリーは特性曲線の形状評価だけでなく、増感紙の相対感度や濃度を路光量に変換することで計算機としても活用でき、現像液の管理を行なうことも可能である。

【結論】

F/S系のX線センシトメトリーの違いによる特性曲線を把握するとともに、管電圧、増感紙、フィルム、現像処理するまでの時間 λ パラメータとした場合の特性曲線をそれぞれ比較検討出来た。

(指導 西尾 誠示 助教授)

診断 X 線領域における線量標準測定法

838040 大野 裕 亮

836031 御園 貴 子

【目的】

ICRP.Pub.60 より『行為の正当化と防護の最適化』という条文で診断X線領域における患者の被曝管理が勧告され、医療被曝の観点から適性線量でのX線撮影をすることが望まれている。

日本放射線技術学会計測部会では患者の被曝管理の為に診断X線領域における校正場のトレーサブルシステムの必要性が提言された。そこで我々は診断X線領域における線量標準測定法について研究を行い、その線量校正場としての条件について検討を行なった。

【実験方法】

計測部会が出した第2次線量校正場としての条件を下記に示した。

1. 環境条件としては、FCDを1m以上離れた場所に誤差 $\pm 1\text{mm}$ 以内であること。測定に用いた線量計から30cm以内に散乱線を発生させる物体(利用線錐が照射される壁や床)のない空間を確保できること。
2. 装置・器具の条件としては、電離容積 $0.6\sim 30\text{cm}^3$ の診断X線用電離槽式線量計を有し、線量 $0.1\sim 1\text{R}$ 程度が有効数字3桁以上測定可能であること。また、校正された管電圧計により

定期的に測定でき、管電圧の出力誤差が±1kV以下であること。

3. 測定の条件としては、また再現性から70kVで半価層が 3.0 ± 0.1 mm Alとなる付加濾過における各管電圧の半価層の回帰直線からの偏差が±0.2mm Al以内であること。

上記の環境条件を考慮し各管電圧において半価層を測定し、回帰直線を求めた。

照射条件

管電流0.5mA (透視)、FSD：50cm、FCD：100cm、照射野：3cm×3cm、
設置誤差0.5mm程度で、散乱線の影響を防ぐため電離箱の底を床から30cm離して測定した。

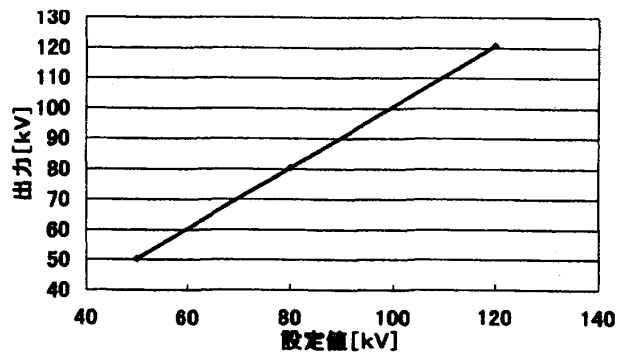
【使用装置・器具】

装置・器具の条件を考慮してこれらの装置を選択した。

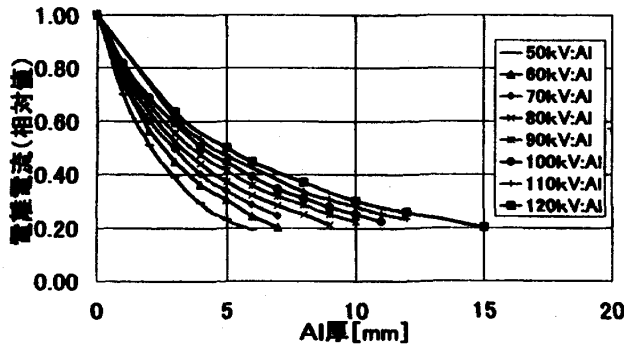
- X線装置 : 東芝 KXO-50G (方形波型インバータ装置)
- 自由空気電離箱 : 電離体積13.16cm³
- 微小電流計 : KEITHLEY 社製 610 (有効数字3桁で測定)
- 付加フィルタ : アルミニウム 厚さ0.5mm
- 半価層測定用フィルタ : アルミニウム (純度99%)

【実験結果】

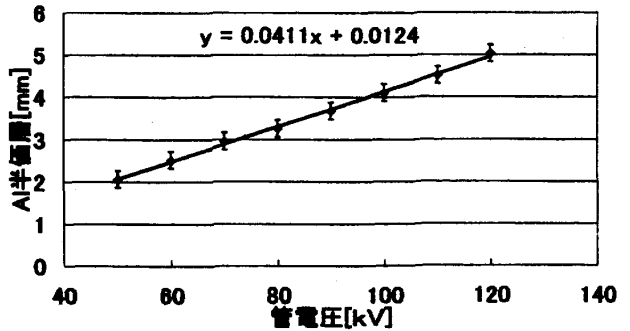
グラフ1より管電圧の出力は設定値に対し+0.3~0.8kVとなった。また、予備実験により0.5mm Alの付加濾過を使用し半価層を測定したところ、グラフ2のようになった。グラフ2より求めた半価層の回帰直線をグラフ3に示す。回帰直線は $y = 0.0411x + 0.0124$ に近似し偏差は±0.2mm Al以内である事が



グラフ1 管電圧の設定値に対する出力



グラフ2 半価層算定曲線



グラフ3 各管電圧に対する半価層の回帰直線

分かった。よってこれらは測定条件を満たしている。

【結論】

今回の実験により、再現性を重視した第2次線量校正場の条件が本校においてX線装置 KXO-50G と自由空気電離箱を用いて満たせる事が分かった。

国家標準では患者入射表面線量用校正場を総濾過2.7mm Al としているが、今回は再現性を重視し0.5mm Al の付加濾過を使用したため、国家標準よりも若干硬いX線であるが計測部会のデータと近似できた。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

低エネルギーX線による IP の画像評価

838027 小山 晃 司

【目的】

低エネルギーX線領域におけるデジタル画像の検出器としてIPが利用されるようになってきた。今回、低エネルギー(X線発生装置)を用いてIPの諸特性である線量直線性、繰り返し読み出しについて実験を行い画像情報がどのように変動したのかを統計学的な観点より比較検討したので報告する。

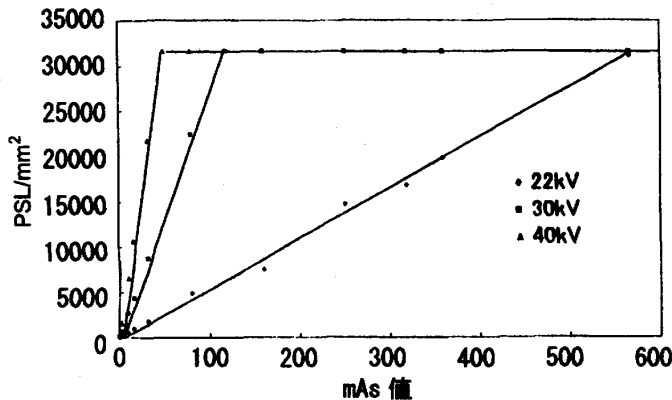
【方法・結果】

<実験1：線量直線性>

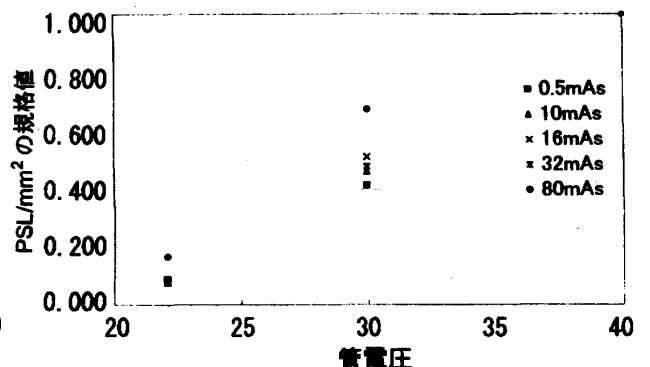
X線照射条件は管電圧22kV、30kV、40kV、焦点IP間距離1 m 固定とし、mAs 値をパラメータとして測定を行い、市販のIP読み取り装置(FUJIFILM BAS1800)を用いて読み取りを行った。

縦軸には1 mm²当たりのPSL値で横軸はmAs値で表した。IPはX線に対して直線性を持つとされているが、今回の実験においては、IP読み取り装置の性能上、約5桁までしか直線性を確認する事ができなかった。また、管電圧についても直線性を確認した結果、直線性が成り立たない結果が得られた。(グラフ1, 2 参照)

<実験2：繰り返し読み出し>



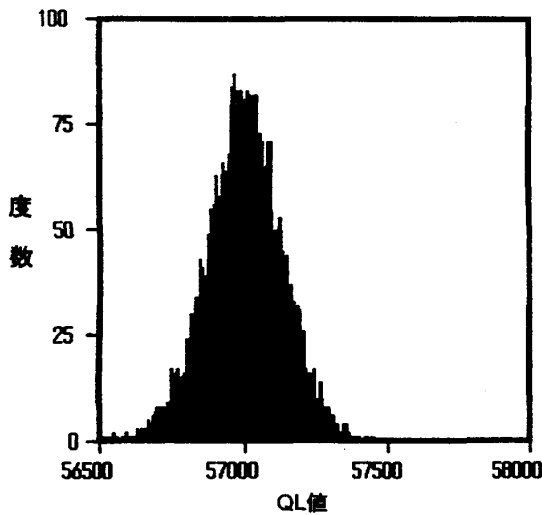
グラフ1 線量直線性



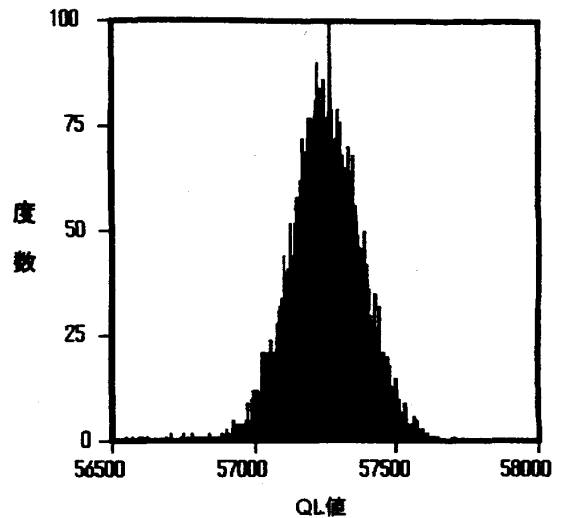
グラフ2 線量直線性

IPで像を得ることに適した線量とその線量の5倍の線量となる過大線量で、1mm間隔の10ステップアクリル樹脂ステップ画像を繰り返し読み出すことにより、各ステップ間における繰り返しにおけるPSL値の変動について実験を行った。

繰り返し読み出しにおけるアクリルステップの各厚さにおけるPSL値の減衰率がmAs値に依存しなく、IP読み出し時にはほぼ全体が均一に減衰している。また過大線量を与えたIPを繰り返し読み出しを行っても適正線量を照射したものとほぼ同程度のS/Nのヒストグラムをもつ画像が得られた。(グラフ3, 4参照)



グラフ3 適正線量1回目読取り



グラフ4 5倍線量7回目読取り

<実験3：画像解析>

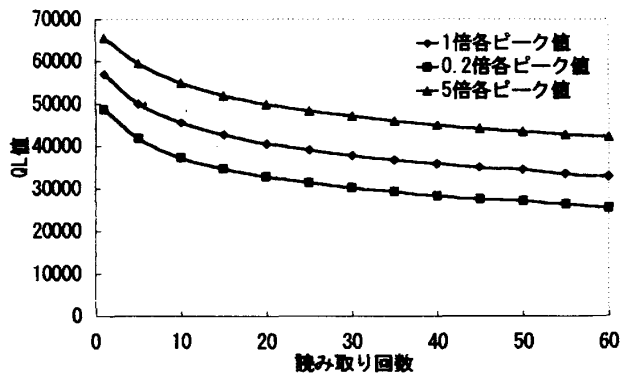
各条件により得られた画像情報がどのようなになっているのかコンピュータを用い1 pixel 当たりにおける画像解析を行った。

各線量のPSL値のピーク値が同じ場合、同程度ヒストグラムの画像が得られS/Nに差はほ

とんど見られなかった。(グラフ
5 参照)

【結論】

繰り返し読み出しによる減衰は、mAs 値に依存せず、ほぼ一定の割合で減衰するという結果が得られた。これは、IP の読み



グラフ5 繰り返し読取りにおける QL 値の変動

取り時に均一にレーザー光が照射され画像情報の減衰が生じると推測される。又、過大線量を与え、画像情報が飽和した場合でも、繰り返し読み出しを行うことによって S/N 比の低下がほとんどない画像情報を描出する事が可能であることが分かった。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

放射線治療における Virtual Wedge の有用性

838028 吉野 慎一

838034 村上 由香

【目的】

近年、放射線治療では高度な照射技術により目的部位に放射線を集中的に照射できるようになった。これはガンマナイフ、サイバーナイフ、IMRT(3次元強度放射線治療)などの新しい放射線治療装置により、3次元の複雑な照射野の形成が可能となったためである。

現在、放射線治療において線量分布に一定の角度を形成するため Physical Wedge (以下 PW)が使用されているが、同じ目的で使用されるコンピュータ制御の MLC と線量率制御による Virtual Wedge (以下 VW) に移行しつつある。そこで、線量率の違いと深さ方向に対するくさび角度の変化について PW と比べた VW の有用性について検討する。

【使用機器・条件・方法】

リニアック：東芝製 MEVATRON KD 2/50 (川崎市立川崎病院)

照射条件100MU, SSD:95cm, A₀=10×10cm

・4 MVX 線で VW, PW, オープン照射野を測定 (くさび角度:15°, 30°, 45°, 60°)

- ・水ファントムによる測定では5 cm深に電離箱を設置する。
- ・ソリッドウォーターファントムによる測定ではファントムに XV-2 フィルムを挟み、線束に対して平行に照射する。

【結果・考察】

1. くさび角度

Fig. 1に深部に対するくさび角度について示した。全体的にPWのほうがVWに比べ、くさび角度がやや大きくなっている。しかし両者ともくさび角度の公称角度に近似しているためほぼ正確に線量が分布されている。

2. 線量率

Fig. 2はPWとVWの線量率の違いについて示した。PWではウェッジの厚さにより線量率が低下している。VWではウェッジ角度が大きくなるに従い、線量分布の傾きが大きくなるため、コリメータ速度は遅くなる。そのためVWでは最大線量に達するのに時間がかかると考えられる。

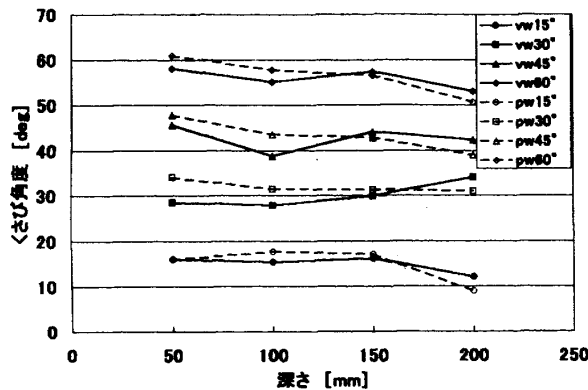


Fig. 1 深部に対するVWとPWの角度分布
(深さに対する)

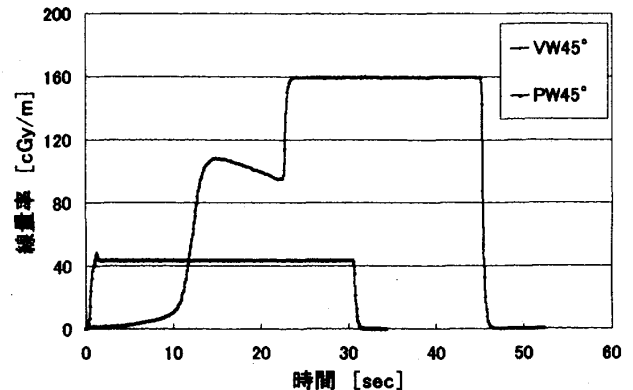


Fig. 2 VWとPWの時間による線量率変化

【結論】

- (1) 結果よりくさび角度の点から、全体的にPVと比べVWのほうがくさび角度が小さいが、その最大誤差は15°の場合2.3°、30°の場合5.3°、45°の場合4.2°、60°の場合2.8°であった。これよりVWはPWとほぼ同程度の等線量分布を示している。
- (2) 制御方法の違いによりVWとPWでは線量率の時間的変化に違いが見られる。45°の場合、PVでは30秒程度で制御しているのに対しVWでは制御に50秒程度かかっていた。しかしVWでは、ウェッジ装着準備が無くなるので、一人の患者にかかる時間が短縮でき、患者の負担が削減できる。

- (3) また一般論として VW は任意角が合成でき、重いウェッジを運ぶ危険性がないという特徴がある。

以上より放射線治療における VW の有用性が確認できた。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

腹部撮影における患者被曝とガイダンスレベル

838016 榎本 純 恵

838036 中村 希 美

【目的】

腹部撮影における表面線量とガイダンスレベルを比較し、臓器線量についても検討する。

【実験方法】

- ・ 焦点-被写体間距離：82cm
 - ・ 被写体：30×30×18cmの亚克力
 - ・ 照射野：亚克力底面で30×30cm
 - ・ 測定器：0.6cc指頭型電離箱線量計
1. 病院で平均的に用いられている腹部撮影の条件で、被写体の種々の深さでの照射線量を測定した。
撮影条件 A 70kV, 200mA, 0.2sec
80kV, 200mA, 0.2sec
 2. ガイダンスレベル (表面で10mGy) 程度となる条件を決定し、1と同様に測定した。
撮影条件 B 70kV, 300mA, 0.4sec
80kV, 200mA, 0.3sec
 3. 照射線量を水の吸収線量に変換し、深さによる吸収線量の変化を求めた。

【結果】

深さによる吸収線量の変化を図1に示す。この図より、撮影条件Aにおいて、mAs値が等しくても、70kVより80kVの方が表面線量が高いことが分かった。また、管電圧が上がるほど、透過力が増すことも確かめられた。

【考察】

図1より表面線量及び、各臓器または組織の吸収線量を求め、表1に示す。また、表1より実効線量を求め、表2に示す。

表2において、70kVでのAの実効線量はBの約1/3、80kVでのAの実効線量はBの約1/2であった。そして、表2に示した実効線量と、1年間に受ける自然放射線による被曝線量2.4 mSvとを比較すると、Aの条件では約0.6倍、Bの条件では約1.5倍であった。さらに、実効線量限度には医療被曝が含まれないが、参考までに比較を行ってみた。放射線業務従事者以外の人の実効線量限度は1 mSvなのでこれと比較すると、どちらの撮影条件でも一回の撮影で超えてしまう。また、放射線技師の実効線量限度は、来年度改正され、5年間で100mSvとなる。1年間では平均20mSvとなるので、撮影条件Aでは年間約10回、撮影条件Bでは約5回撮影すると限度を超えることになる。

【結論】

表面線量がガイダンスレベル程度となるときの実効線量は、男性で約4.1mSv、女性で約3.3 mSvとなる。また、腹部撮影において、平均的な撮影条件での実効線量は、ガイダンスレベルの1/2から1/3になる。

(指導 青木 清 教授)

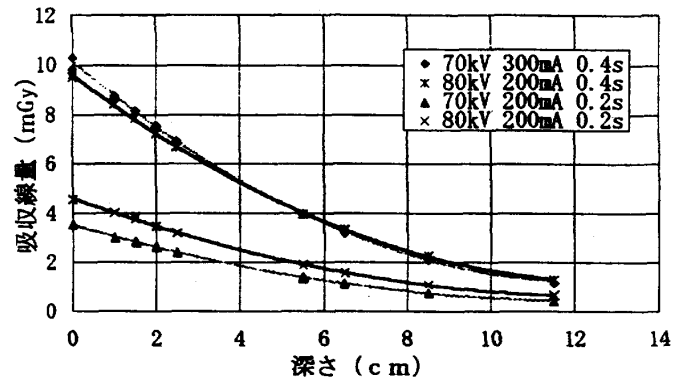


図1 深さによる吸収線量の変化

表1 表面線量および各臓器または組織の吸収線量

照射野 内臓器	A (平均的な条件)		B (ガイダンスレベル程度)	
	70kV 200mA 0.2s	80kV 200mA 0.2s	70kV 300mA 0.4s	80kV 200mA 0.4s
皮膚	3.80	4.70	10.33	9.74
筋肉、骨表面	3.00	3.94	8.64	8.23
結腸、小腸	2.71	3.58	7.82	7.49
胃	2.58	3.41	7.43	7.14
肝、胆嚢	2.49	3.30	7.18	6.91
膀胱	2.45	3.24	7.06	6.80
大腸	2.37	3.14	6.82	6.59
肺、脾	1.17	1.62	3.31	3.40
子宮	1.09	1.51	3.06	3.17
卵巣	0.99	1.38	2.76	2.89
食道	0.71	1.01	1.94	2.11
腎	0.68	0.98	1.86	2.04
膵臓	0.60	0.88	1.84	1.82
骨髄	0.37	0.57	0.98	1.16

(単位: mGy)

表2 実効線量

照射野内臓器	A (平均的な条件)		B (ガイダンスレベル程度)	
	70kV 200mA 0.2s	80kV 200mA 0.2s	70kV 300mA 0.4s	80kV 200mA 0.4s
皮膚	0.009	0.011	0.028	0.024
骨表面	0.008	0.010	0.022	0.021
結腸	0.300	0.394	0.864	0.822
胃	0.309	0.408	0.891	0.856
肝	0.124	0.164	0.358	0.345
胆嚢	0.498	0.659	1.435	1.382
膀胱	0.122	0.162	0.352	0.340
大腸	0.197	0.276	0.553	0.579
食道	0.007	0.010	0.019	0.021
腎臓	0.019	0.028	0.049	0.058
その他の臓器(男)	0.053	0.072	0.149	0.150
(女)	0.052	0.071	0.148	0.150
実効線量(男)	1.45	1.92	4.17	4.02
(女)	1.15	1.53	3.28	3.22

(単位: mSv)

X線照射野内における線量分布と被曝線量

838033 横山 奈美子

【目的】

照射野内におけるX線の線量分布を測定し、患者さんの被曝線量の変化について検討する。

【実験方法】

撮影条件：①50kV, 200mA, 0.20sec ②80kV, 200mA, 0.08sec ③120kV, 100mA, 0.05sec

F F D=100cmにおける照射野を30×50cm、焦点—線量計間距離80cmとした。

実験 I：ファントムなしにおける管軸方向の照射線量を測定した。

実験 II：腹部用X線水ファントムを置き、ファントム表面における照射線量を測定した。

【結果・考察】

実験 I の管軸方向の線量分布を図 1 に示す。縦軸は最大値を 1 とした相対値とした。横軸は陽極側を正とした。管電圧が高くなるにつれてヒール効果の影響が大きくなる。これは、管電圧が高くなる程、電子は陽極内部に深く入り X 線を発生させるためである。実験 II の管軸方向の線量分布を図 2 に示す。この図は図 1 と非常に良く似ているが、陰極側の減少がほんの少しだけ大きい。なおピーク値は 50kV, 80kV, 120kV でそれぞれ図 1 の 1.15, 1.35, 1.39 倍であった。

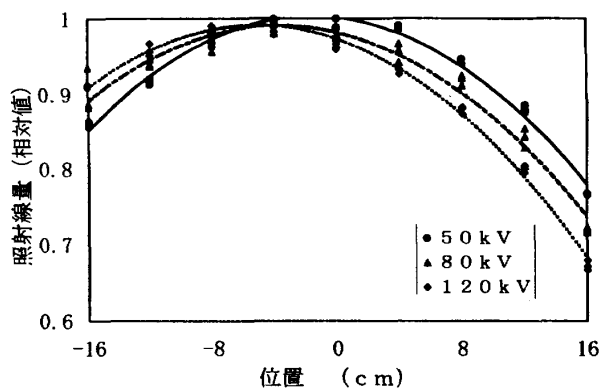


図 1 線量分布 (ファントムなし)

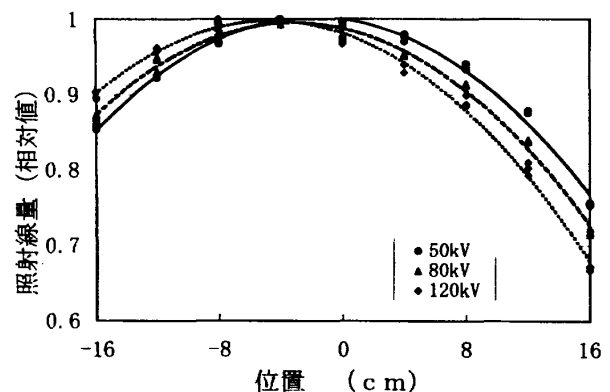


図 2 線量分布 (ファントム有)

図 2 より患者さんの皮膚表面における被曝線量を求め表 1 に示した。最小となる陽極側 16 cm での被曝線量値をピーク位置での値と比較すると 50kV で 75%、80kV で 72%、120kV で 67% となる。

表 1 皮膚表面における被曝線量 (mGy)

	50kV	80kV	120kV
ピーク位置	1.30	1.86	1.53
陽極(16cm)	0.98	1.34	1.03

【結論】

ヒール効果は管電圧が高くなる程その影響は大きくなる。また、このヒール効果により皮膚表面における被曝線量も変化する。この値の最小値は最大値に対し50kVで75%、80kVで72%、120kVで67%となることが分かった。

(指導 青木 清 教授)

蛍光量計と電離箱線量計のエネルギー依存性の比較

838039 宇野 健 二

【目的】

蛍光量計と電離箱線量計を用いてX線を測定し、電離箱線量計に対する蛍光量計のエネルギー依存性について検討する。

【実験方法】

照射野内にヒール効果が影響しないように蛍光量計と電離箱を設置し、管電圧を変化させたX線を照射して、蛍光量、照射線量を同時測定した。また、鉛のL特性X線についても測定をした。

照射条件：インバータ式 40～150kV、50mA、0.10sec マンモ用 22～39kV、20mA、0.14sec

蛍光量計：F-11 (入射窓 Al)

EY-1002D (入射窓 紙)

電離箱：容量30cc、壁厚アクリル1.0mm

【結果】

蛍光量計としてF-11を用いて測定した結果を図1に○で示す。この図では照射線量に対する蛍光量を、150kVでの値を1とした相対値で示している。管電圧が高くなるほど照射線量に対する蛍光量は大きくなっており、インバータ式の値と比べ、マンモ

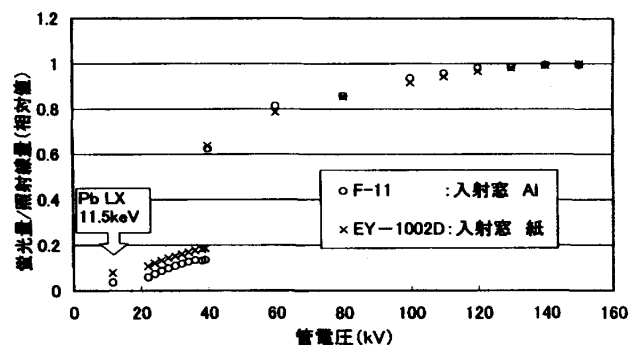


図1 蛍光量/照射線量の管電圧による変化

用の値が非常に小さくなっている。この理由として最初、蛍光量計の入射窓による減弱を考えた。そこで入射窓が紙の蛍光量計EY-1002Dを用いて同じように測定した。その結果を図1に×で示す。40～150kVの範囲では両者の値に大きな差はないが、40kV未満と、鉛の特性X線の範囲では、差が大きくなった。

【考察】

入射放射線のエネルギーが高くなったときに、増感紙の方が空気に比べて吸収係数の減少が小さいため、電離箱線量計と比較して蛍光量計の感度が高くなったと考えられる。また高エネルギーでは吸収係数はあまり変化しなくなるので、値の変化が小さくなったのだろう。使用した蛍光量計によって低エネルギー領域の値に差が出たのは、アルミによる減弱のためである。入射窓による減弱をなくしても、インバータ式、マンモ用の測定値の差が大きく出ているのは、それぞれの装置から発生するX線のエネルギースペクトルが大きく異なるためだと考えられる。

【結論】

X線のエネルギーが高くなると、電離箱線量計と比較して、相対的に蛍光量計の感度は高くなる。蛍光量計の入射窓のアルミによる減弱は、一般撮影の領域では考慮する必要はないが、乳房撮影などの低エネルギー領域では考慮する必要がある。

(指導 青木 清 教授)

カセット裏蓋の鉛板の後方散乱線除去効果

838012 谷口千晶

【目的】

カセット裏蓋には後方散乱線によるカブリを防ぐため、薄い鉛が貼られているものが多く使用される。この鉛の後方散乱線除去効果について実験を行い検討する。

【実験方法】

1.5mmのAl板をカセット裏蓋と想定し、X線管焦点から100cmの位置に設置し、Al板の上に鉛を置いた場合と置かない場合の散乱線量を管電圧60, 80, 120kVについて蛍光量計で測定した。なお、鉛板は厚さ0.1, 0.2, 0.3, 0.5mmとした。

【測定条件】

- 1) アクリル有り；Al板の下に散乱体としてアクリル板を入れることにより、意図的に後方散乱線を発生させ、これを撮影台や床からの散乱線と想定し測定した。
- 2) アクリル無し；アクリル板を除去し、カセット裏蓋のみからの散乱線を測定した。

【結果と考察】

アクリル有りにおける、鉛の後方散乱線除去効果を以下の式で表現し、これを表1に示した。

$$\left(1 - \frac{\text{Pb有りの蛍光量値}}{\text{Pb無しの蛍光量値}} \right)$$

アクリル無しの各管電圧における蛍光量値の変化について図1に示した。

- 1) アクリル有り；表1より、鉛によってかなりの後方散乱線が除去されていることが理解できる。また、120kVでは0.1, 0.2mmの除去効果が悪い。これは、管電圧が高いと散乱線の線質は硬くなり、薄い鉛では散乱線を透過してしまうためと考えられる。また、鉛を0.3mm以上に増やしても除去効果はあまり変わらない。
- 2) アクリル無し；図1からわかるように60, 80kVでは裏蓋からの後方散乱線が除去されているが、120kVでは鉛による除去効果が見られない。これは、鉛からの散乱線や特性X線による影響と考えられる。

表1 鉛の後方散乱線除去効果

管電圧 [kV]	鉛板の厚さ			
	0.1mm	0.2mm	0.3mm	0.5mm
60	86%	87%	87%	88%
80	86%	91%	92%	92%
120	74%	80%	83%	84%

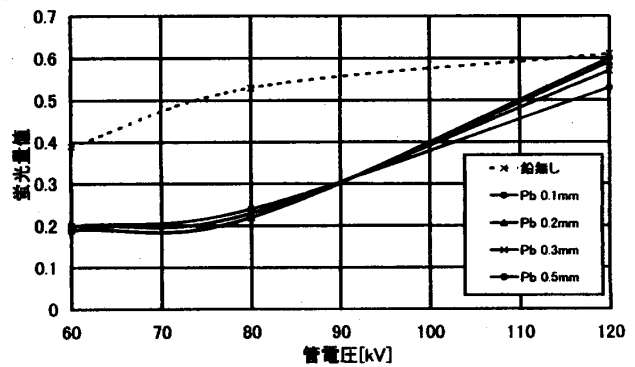


図1 アクリル無しの場合の蛍光量

【結論】

カセット裏蓋に鉛を付加する事により、鉛が無い場合の74～92%の後方散乱線が除去できることがわかった。また、鉛の厚さは散乱線除去効果と軽量という観点から0.3mmが望ましい。

(指導 青木 清 教授)

シリコンダイオード検出器のエネルギー分解能と検出効率

838029 石川 剛 浩

【目的】

半導体検出器にとってエネルギー分解能や検出効率は重要な値である。そこで、半導体の素子の大きさや逆バイアス電圧を変えてこれらがどのように変化するか検討する。

【実験方法】

- 1 7種類のシリコンダイオード検出器の電流-電圧特性を測定する。
- 2 それぞれのダイオード検出器について逆バイアス電圧を変化させ、 ^{241}Am のスペクトルを測定する。

【結果】

図1に逆バイアス電圧を変化させたときの ^{241}Am のスペクトルと59.5KeV ピークのエネルギー分解能を示す。逆バイアス電圧を高くすると計数率が高くなっている。60Vではエネルギー

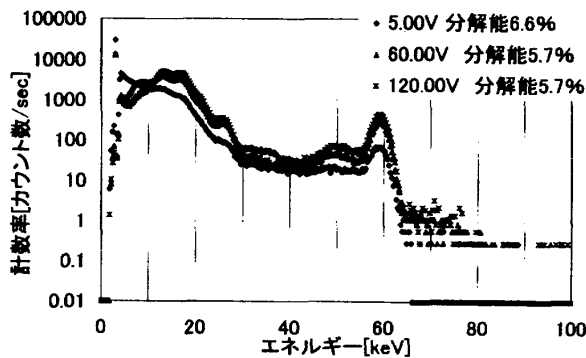


図1 ^{241}Am の電圧依存性 (検出器面積7.7mm²)
計数率0.01の実際のカウント数は0である。

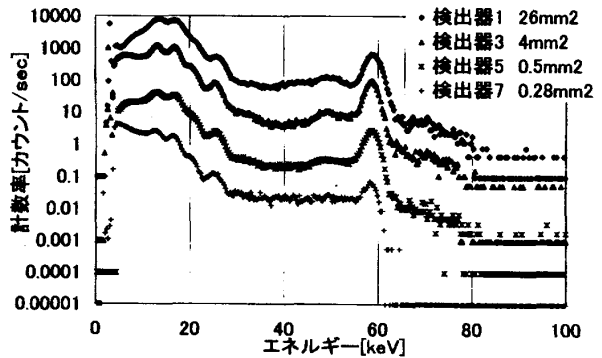


図2 検出器の種類と ^{241}Am のスペクトル

分解能はよくなっているがそれ以上の電圧ではほとんど変化しなかった。同様にして最高の逆バイアス電圧で求めた7種類のシリコンダイオード検出器のエネルギー分解能を求めた。

どの検出器においてもエネルギー分解能は約4.5~6.0%であり、素子の大きさによる依存性は小さかった。図2には検出器の種類を変えた場合の ^{241}Am のスペクトルを示す。素子面積が大きい程検出効率が大きかった。

【考察】

逆バイアス電圧を高くすると検出効率、エネルギー分解能は向上した。これは逆バイアス電圧を高くすることで空乏層が広がったことと電荷収集特性が改善された為だと考えられる。

【結論】

シリコンダイオード検出器のエネルギー分解能と検出効率は逆バイアス電圧に依存し、高くすねほど向上することが分かった。7種類の検出器のエネルギー分解能は4.5~6.0%で差は小さく、検出効率は表面積に大きく依存した。

(指導 青木 清 教授)

線量計としてのフォトダイオードの基礎特性

838011 久野 恵 梨

【目的】

半導体検出器の寸法が小さいという特性を生かし、一般撮影での患者被曝線量計を試作したい。その準備としてフォトダイオードの線量計としての基礎特性を測定した。

【方法】

・実験1 線質依存性の測定

ダイオードを微小電流計につなぎ電離箱とならべて、ダイオードの電離電荷及び、電離箱での線量を測定した。SSDを1mとし管電圧を変化させ、電離箱の線量が $650\mu\text{Gy}/\text{mn}$ 程度になるようにした。

・実験2 線量率依存性の測定

大ききの異なる2つのダイオードを選び、90kV、20、50、100、150、200mAでダイオードの電離電荷及び電離箱での線量を測定した。

【結果と考察】

・実験1

測定した電離電荷の値から電流値を求め、電離箱での線量で割った値を図1に示す。検出器の番号は、受光面積が大きい順である。図1より、受光面積が大きいほど平均電流は大き

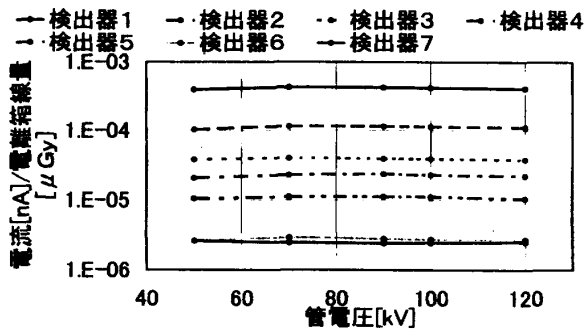


図1 線質依存性

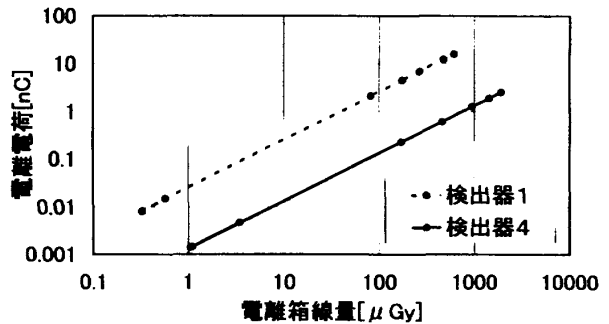


図2 線量率依存性

くなるのがわかる。管電圧による変化は少なく、変化率は5～12%であった。小さな依存性であるが、測定精度を上げたいときは補正の必要がある。

・実験2

測定したダイオードの電離電荷と電離箱での線量との関係を図2に示す。照射時間は検出器1が0.035sec、検出器4が0.1secである。この図には実験1の透視条件での測定値も示してある。図2の直線の傾きは2つとも1であり、ダイオードの電離電荷と電離箱での線量によく比例していることがわかる。

【結論】

フォトダイオードの線質依存性および、線量率依存性はともに小さく、これらのフォトダイオードは線量計として十分使えることが分かった。今後この結果を基に患者被曝線量計を試作したい。

(指導 青木 清 教授)

相反則不軌特性

838025 唐 鎌 孝 太
 838045 佐 藤 秀 樹
 838001 関 口 栄 子
 838001 熊 谷 真 紀

【目的】

種々のF/S系における相反則不軌特性を実験から検討し、F/S系の有用性を推定する。

【方法】

- ・ 3種の F / S 系について距離法により、特性曲線を作成した。
- ・ 3種の F / S 系と蛍光量計について管電流、管電圧を一定とし、撮影時間の変化による露光量、及び蛍光量を求めた。

(図 1)

- ・ 3種の F / S 系について管電圧、mAs 値を一定とし、相対露光量を求め、管電流と相対露光量の関係を調べた。(図 2)
- ・ 管電圧と管電流を一定として一回照射と分割照射について相対露光量を求め、間欠効果について調べた。(図 3)

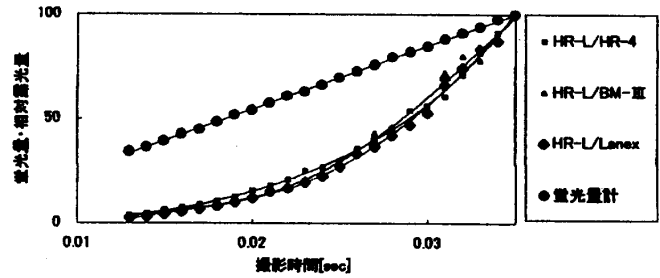


図 1 蛍光量・露光量の時間的特性

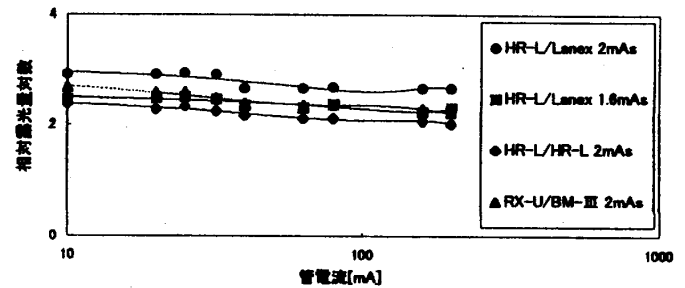


図 2 相反則不軌 (50kV)

【結果・考察】

理論上は露光量 $E \cdot t \propto$ 蛍光量 F が成り立つ筈だが図 1 から比例関係は成り立っていないことがわかる。この理由としては増感紙の感度の違いやクロスオーバーなどの幾何学的な影響が考えられる。

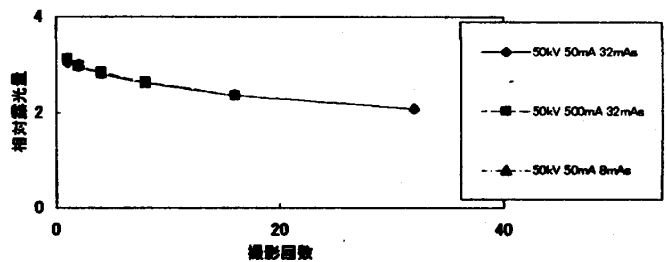


図 3 間欠効果 (HR-L/Lanex)

図 2 は mAs 値が変化しないように撮影時間と管電流を調製し、グラフに示したものである。どの条件においても多少右下がりであったが、ほぼ相反則が成り立っていた。X線フィルムの使用範囲では相反則不軌特性は現われなないといえる。

間欠効果は線量率で特性が変わり、X線フィルムに現れ難い現象である。図 3 からわかるように多分割照射した方が相対露光量が次第に減少している。また、高線量率、低線量率においても同様の結果となった。このことからこれは間欠効果の影響ではなく、撮影回数の増加により空気による減弱が増加したためだと思われる。

【結論】

今回の実験結果から、一般的な使用領域においては mAs 値が一定であれば F / S 系の種類や撮影時間によらず、相反則不軌特性は現われず、相反則がほぼ成り立つことが確認できた。

(指導 檀尾 英次 教授)

X線CT装置の劣化によるCT値の変化について

836036 剣 寛 範

837025 大 上 正 裕

【目的】

X線CT装置を用いて水ファントム、TOSファントムをスライス厚5mm、10mmで撮影し、そのCT値について考察する。

【実験方法】

- 1) X線CT装置の水のCT値を校正するためS-5mm、10mm、M-5mm、10mmについて水ファントムを用いて校正をする。
- 2) S、Mの水ファントム、TOSファントムを用いて5mm、10mmのスライス厚で撮影をする。
- 3) 撮影したファントムについてそれぞれCT値を測定する。

【結果】

・測定したCT値について以下の表にまとめる。

	エアー	デルリン	アクリル	ナイロン	ポリプロピレン	水
基準S-10	-981.4	336.0	119.6	92.4	-107.6	0.8
S-10	-1002.15	335.64	127.24	97.48	-107.70	-0.54
S-5	-1012.68	340.73	129.87	98.57	-110.40	-0.91
M-10	-997.86	336.94	127.87	101.36	-103.44	1.51
M-5	-1011.30	343.36	131.70	102.71	-102.75	2.0

尚、X線管の使用スライス、各部品の劣化具合によっては基準より±10位ずれることがある。

【考察】

今回使用したCT装置は、メーカーの資料により、出荷時（基準S-10）と比較した場合、劣化具合によって±10程度のCT値のズレが生じてしまう装置である。よって、TOSファントムの各CT値のズレは許容範囲であると考えられる。

エアーについては最大で+20程度の変化が見られ、これは許容範囲であるとはいえない。しかし、臨床上においてエアーのみを評価することはないので、これについても問題はないと思

われる。

今回の実験では、水ファントムを用いて校正を行ってからCT値を測定したが、結果のような誤差がみられた。このような誤差の原因としてCT装置の経時的变化が考えられる。

【結論】

今回の実験より、使用したX線CT装置のCT値は校正を行った後でも許容範囲内ではあるがCT値のズレが生じていることがわかった。このことは現在臨床上で使用されているCT装置すべてに言えることである。CT装置について、日常点検により、このCT値のズレが常に許容範囲に入るように、補正する必要がある。

(指導 櫃尾 英次 教授)

紫外線法とフィルム法による増感紙蛍光体の劣化評価

838043 川田 浩 紀

【目的】

劣化した増感紙 (LT-II KYOKKO [1982年2月25日張り替え]) を使用して紫外線とフィルムにより劣化位置を評価出来るかどうかを調べる。

【使用装置・器具】

紫外線ランプ 波長254nm UVP,INC. UVG-11
波長366nm UVP,INC. UVL-21
使用増感紙 LT-II KYOKKO [1982年2月25日張り替え]
使用フィルム Fuji RX-U

【方法】

- ①増感紙 (LT-II KYOKKO [1982年2月25日張り替え]) に、紫外線波長254nm、366nmのランプを当てどのように見えるか観察した。
- ②アクリル板を増感紙に乗せた状態と乗せない状態で、管電圧、管電流を一定にして時間を変化させ撮影した。
- ③増感紙の保護膜をはがし、①と同様に紫外線を当てどのように見えるか観察した。

④増感紙の保護膜をはがし、②と同様にアクリル板有り、無しで撮影した。

【結果】

1. フィルム法による評価

フィルム濃度1.0～1.6では、フィルム上の劣化している点と紫外線波長366nmで劣化している点の位置は、任意の10点で90%一致した。しかし、紫外線波長254nmでは、劣化している点の位置は任意の10点で、60～65%しか一致しなかった。またフィルム濃度が薄く、又は濃くなるとフィルム上で劣化している点は減少し、紫外線で劣化している点と位置が一致する割合も減少した。

2. 紫外線法による評価

紫外線波長254nmでは、保護膜有り、無しで劣化している点の位置は65%しか一致しなかった。一方、紫外線波長366nmでは保護膜有り、無しで劣化している点の位置は85%一致していた。

【考察】

フィルムと紫外線で増感紙が劣化している点の位置は、フィルム濃度1.0～1.6の間で最も多く検出でき、紫外線波長366nmで保護膜有りの状態で検出能が最も高かった。しかし、紫外線波長254nmでは、保護膜有り、無しでフィルム上には見られない保護膜だけに観察される点が発見された。これは、増感紙が劣化している点ではなく、保護膜の劣化点であると考えられる。

【結論】

フィルムと紫外線を使って、増感紙の劣化している点の位置を検出でき、また紫外線波長366nmでは最も検出能が高くなった。しかし、紫外線波長254nmでは保護膜だけの劣化点の影響し、検出能が良いとは言えない事がわかった。

(指導 山本 裕右 教授)

増感紙のフロント、バック側における X線の減弱と蛍光強度の関係

838044 染谷哲央

【目的】

数種の増感紙についての発光スペクトルを測定し、各増感紙のフロント側とバック側、種類の違いを比較する。

【使用装置・器具】

マルチチャンネル検出器 PMA-11 浜松ホトニクス
増感紙 HR-4, 8, 16 FUJI

【実験方法】

- ① HR-4,8,16の各増感紙について蛍光面を上にしてX線を入射し、発光スペクトルを測定した。
- ② フロント側の各増感紙について蛍光面を下にして背面からX線を入射し、発光スペクトルを測定した。
- ③ バック側の各増感紙について蛍光面を上にして、フロント側増感紙及びフィルムを透過したX線を入射し、発光スペクトルを測定した。

【結果】

全ての増感紙で波長540~550nmに強いピークを検出した。以後、このピークについての考察を行った。

HR-4を基準とすると、HR-8のシステム感度は2倍、HR-16は4倍である。それに対し測定で得られたHR-4,8,16の発光強度の比は1:1.8:3.6であった。この結果はほぼ一致していると考えられる。

マイクロメーターで各増感紙の厚さを測定したところ、HR-4はフロントとバックの厚さがほぼ等しく、その発光強度は①のとき等しくなった。HR-16ではフロントとバックの厚さが違うが、②と③のとき発光強度は等しくなった。

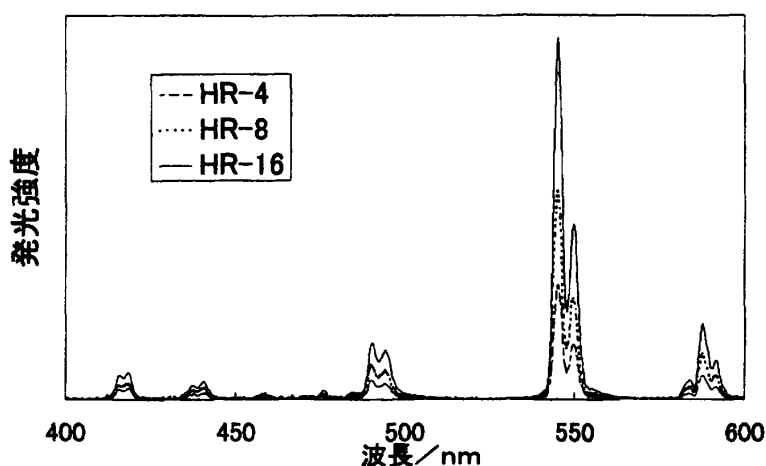


図 各増感紙の蛍光強度

【考察】

フロント側の照射方法を①から②へ変更すると、発光強度は70~80%に減弱したのに対し、バック側で照射方法を①~③へ変更すると50~60%に減弱した。これからバック側に入射するX線が、フロント側よりも増感紙1枚とフィルム1枚分減弱していることから、バック側の減弱の割合が大きくなったのだと考えられる。

【結論】

波長545nmのピークについて、HR-4,8,16の発光強度の比は1:1.8:3.6であり、システム感度の比は1:2:4である。この2つの比がほぼ等しくなった。

(指導 山本 裕右 教授)

ST-V型イメージングプレートの フォトルミネセンススペクトルと輝尽発光スペクトル

838046 佐藤 匠

【目的】

ST-V型イメージングプレートのフォトルミネセンスの極大波長は励起波長により変化する。この変化を輝尽発光スペクトルと比較、検討する。

【使用器具】

分光蛍光光度計 JASCO FP-777、 イメージングプレート ST-V

【実験】

1. X線未照射時のフォトルミネセンススペクトルの測定
2. 熱発光スペクトルの測定
3. 輝尽発光スペクトルの測定

【結果】

X線未照射時におけるST-Vのフォトルミネセンススペクトルを図1に示す。未照射時のフォトルミネセンススペクトルは、励起波長が200nm~270nmでは378nmに極大を示すのに対し、励起波長290nm~330nmでは400nmに極大が見られた。放射線を照射した後の残光(室温下における熱ルミネセンス)及び輝尽発光スペクトルを図2に示す。熱発光スペクトルは400nmに極大を持ち380nm付近に肩を持つスペクトルが、輝尽発光スペクトルでは400nmで極大を持つスペクトルが得られた。

【考察】

ST-VのX線未照射時のフォトルミネセンススペクトルは、励起波長により発光極大が378nmまたは400nmと異なることからEu²⁺の発光準位が2種類存在する事を示している。X線未照射時及び照射時のフォトルミネセンスでは2種類の発光準位の内どちらか一方の準位からの発光である。これに対し、熱発光スペクトルでは400nmに極大値を380nm付近に肩が観測される事から2つの準位から同時に発光していることがわかった。しかし輝尽発光スペクトルは400nmに発光極大が見られることから未照射時のフォトルミネセンススペクトルの290nm励起の時と同じ発光準位のみから発光していると考えられる。

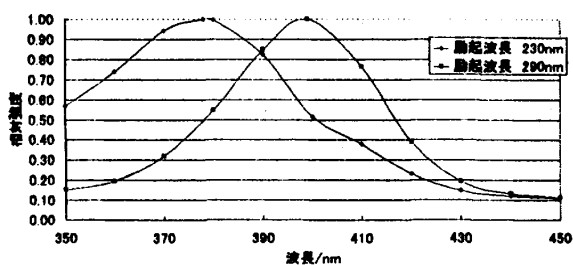


図1 ST-VのX線未照射時フォトルミネセンススペクトル

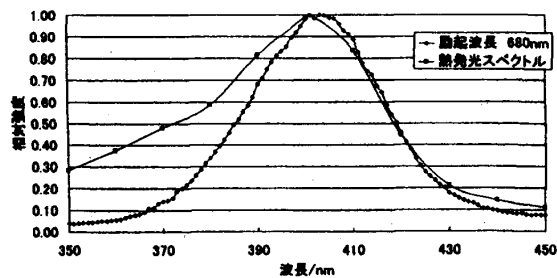


図2 ST-Vの熱発光スペクトルと輝尽発光スペクトル

【結論】

ST-V は 2 種類の発光準位を持っており、X 線未照射時及び照射時のフォトルミネセンスでは励起波長により 378nm または 400nm のいずれか一方の準位から、熱発光では同時に 2 種類の発光準位から、輝尽発光では 400nm の準位からのみ発光している事が分かった。

(指導 山本 裕右 教授)

TLD 素子照射後のグロー曲線の経時的变化

838035 形 部 美 佳

【目的】

TLD 素子 ($\text{CaSO}_4:\text{Tm}$) のグロー曲線が X 線照射後、時間経過とともにどの様に変化していくかを調べる。

【使用素子】

・ $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ Natinal UD-110S

【実験方法】

1. 市販の $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 素子 4 本を 70kV、125mA、0.10sec で 20 回の照射を行った。
2. 照射 2 時間後に素子を昇温速度 0.5°C/s で 30°C から 330°C まで昇温しグロー曲線を測定した。
3. その後 1 本の素子について照射直後、1、2、4、15 時間後に方法 2 と同様にグロー曲線を測定した。

【結果】

— 各素子のグロー曲線 —

$\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 素子 4 本のグロー曲線を図 1 に示す。各素子ともピークの温度はだいたい同じだが発光強度にバラツキが見られる。また、素子③に関しては他と比べるとかなり強い発光強度を示した。

— 経過時間によるグロー曲線の変化 —

素子②の照射後の経過時間によるグロー曲線変化を図 2 に示す。高温部分の 1 ~ 4 時間の曲線はほぼ一致していたが、低温部分にはバラツキが見られた。

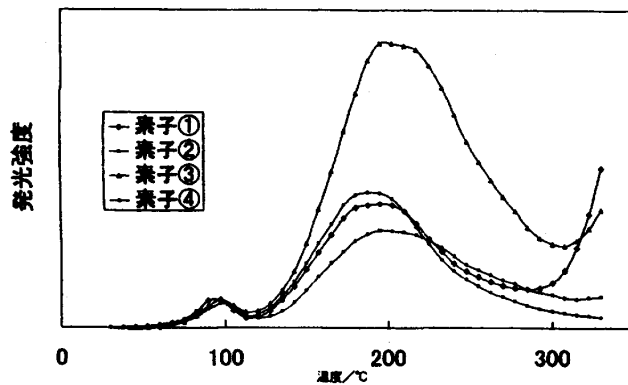


図1 各素子のグロー曲線変化

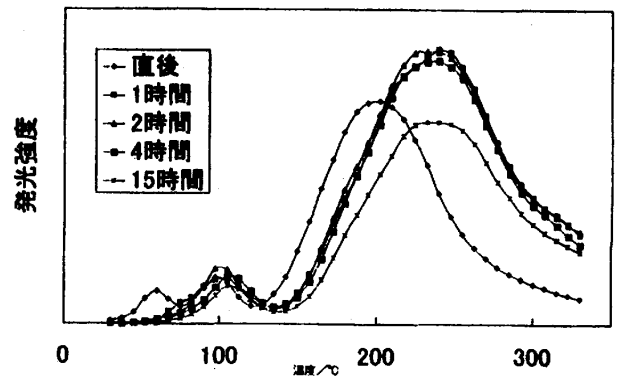


図2 経過時間によるグロー曲線変化

【まとめ】

図1より各素子のグロー曲線から積分値を求め、比較すると素子③は他の素子に比べ2倍以上の値を示している。また、素子①はグラフより300°Cあたりから再び発光し始めている。これらのことから市販の素子は同じロットの素子でも感度に差があるので使用時には注意をする必要がある。低温部のグロー曲線は時間経過と共に変化が著しいが高温部分は1～4時間後で同一の曲線を描いている。

積分値を比較すると1～4時間の値は一致するが、照射直後と15時間後の値とは大きく異なった。これは照射直後では生成したトラップが不安定なのでグロー曲線が変化したためと考えられる。

【結論】

グロー曲線が安定となるのはX線照射後1～4時間なのでTLD素子で線量測定をする場合、1～4時間経過後に行ったほうがよいということがわかった。

(指導 山本 裕右 教授)

Mg₂SiO₄ : Tb の光フェーディング

838022 小林 泰之

【目的】

TLD素子のMg₂SiO₄:Tbは、可視光によってフェーディングを起こすが、実際にどの程度フ

【結論】

X線を照射した素子に白熱灯で光を照射し、分光蛍光光度計で光の照射時間とグロー曲線のピーク面積の関係を調べた結果、ほぼ一定の割合で変化しており、その変化率は光照射0分の面積を100%とする相対面積で0.40ポイント/min程度であるということが分かった。

(指導 山本 裕右 教授)

異なるタイプのIPの違いについて～感度について～

838018 浅野 省二

【目的】

タイプの異なる2種のIPについて、その感度の違いを比較する。また、電子顕微鏡による蛍光体層の観察およびX線回折により、蛍光体粒子の大きさの比較、結晶構造の同定を行う。

【実験方法】

1. X線を照射した2種IPの輝尽発光スペクトルを測定した。
2. ST-V、HR-Vそれぞれについてアルミ階段を撮影し濃度曲線を得た。
3. 電子顕微鏡でIP断面の蛍光体層を観察した。
4. 粉末X線回折法(CuK α)によりST-V、HR-Vの回折パターンを測定し、標準データの回折パターンと比較した。

【結果および考察】

輝尽蛍光スペクトルからHR-Vに比べてST-Vの発光強度が高くなっている。また、濃度曲線から同一アルミ厚での濃度はST-Vのほうが高くなっている。これからHR-Vに比べST-Vのほうが感度が高いということが言える。

電子顕微鏡による評価では、蛍光体層の厚さはST-Vが約260 μm 、HR-Vが約140 μm と差が見られたが、粒子の大きさには顕著な差は認められなかった。これより2種のIPの感度差は主に蛍光体層の厚さによるものだと考えられる。

X線回折で得られたST-V、HR-Vの回折パターン(図1上,中)はほぼ同様のパターンを示しているがピーク角度にわずかなずれが生じている。ピーク角度にずれが生じる原因としては、試料のセッティング、装置の調整によるものなどが考えられる。回折パターンがほぼ同様であ

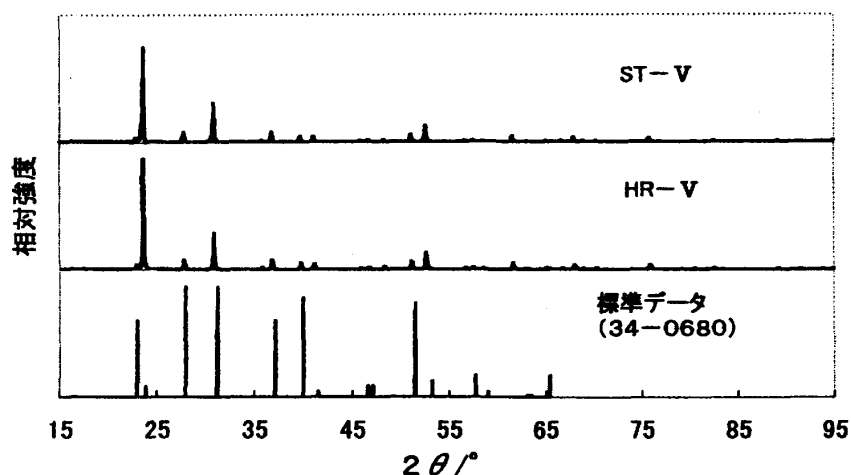


図1 回折パターン

ることから2種のIPの蛍光体はほとんど同じ結晶構造を持つと考えられる。ST-V、HR-Vの回折パターンはBaFBrの標準データ回折パターン(図1下:34-0680:正方晶系空間群: $P4/nmm$ 、格子定数: $a=4.503(2)\text{Å}$ 、 $c=7.435(4)\text{Å}$)

とよく対応しているが、ピーク角度および強度に差が見られる。強度に差が見られるのは、結晶の[001]面がIP表面に平行であるような選択的配向を示しているためだと考えられる。ピークの見られる角度に差が生じているのは、格子定数の違いによるものだと考えられる。2種のIPの蛍光体はBaFBrとほぼ同形の結晶であると考えられ、格子定数を求めてみると標準データの格子定数と比べて a 軸、 b 軸方向に 0.03Å 、 c 軸方向に 0.08Å 程度大きくなっている。

【結論】

2種のIPを比較するとST-Vのほうが感度が高い。感度は蛍光体層の厚さにより大きく変わる。X線回折から2種のIPの蛍光体は、BaFBrとほぼ同形の結晶構造であると言え、これらは共に結晶の[001]面がIP表面に平行になるような選択的配向を示している。

【謝辞】

X線回折測定ならびに電子顕微鏡写真撮影に御協力頂いた立教大学理学部化学科助教授 関根強一先生ならびに関根研究室の皆様に感謝致します。

(指導 原田 和正 助教授)

TLD 素子 (CaSO₄:Dy) の合成と性質

838041 杉 崎 友 佳

【目的】

TLD素子 (CaSO₄:Dy) を合成し、その同定ならびに性質を調べる。

【実験方法】

1. TLD 素子の合成

- (1) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1 g に対し、 Dy_2O_3 を 2.24mg 添加し、硫酸 20ml を加え、ホットプレートを用いて硫酸が完全に蒸発するまで加熱した。得られた結晶を水と 50% エタノールで洗浄し、乾燥後、 800°C の電気炉で 1 時間半加熱した。これを試料 A とする。
- (2) 同様の条件で TLD 素子 ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$) の合成を行った。これを試料 B とする。
- (3) Dy_2O_3 を加えず、他は同じ条件で合成を行った。これを試料 C とする。

2. X線回折

試料 A ~ C ならびに、合成に使用した原料である $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ について、X線回折測定を行った。

3. 熱発光スペクトルとグロー曲線の測定

- (1) 試料 A ~ C それぞれに、70kV、200mA、0.14sec の条件で X線照射を行った後、 $30^\circ\text{C} \sim 330^\circ\text{C}$ を昇温速度 $0.5^\circ\text{C}/\text{sec}$ で昇温し、 190°C における熱発光スペクトルを測定した。
- (2) 試料 A、B については同様の昇温速度で、発光波長 575nm に対するグロー曲線を求めた。

【結果および考察】

X線回折により、試料 A ~ C の同定を行った結果を図 1 に示す。合成を行った試料 A ~ C は、回折パターンにほとんど差がなく、 CaSO_4 の標準データ (37-1496) と一致した。これより、合成を行った結果、 CaSO_4 は、二水和物から無水和物のものに結晶構造が変化していることがわかった。また、 Dy_2O_3 の添加によっても結晶構造は大きく変化しないことがわかった。

190°C で熱発光スペクトルを測定した結果、試料 A、B については図 2 に示したスペクトルが得られ、両者共、455nm、486nm、575 nm 付近にピークが観測された。発光強度は試料 A の方が B に比べ多少大きかったものの、スペクトルの形に顕著な違いは認められなかった。一方、 Dy_2O_3 を加えていない試料 C では熱発光は認められなかった。このことから、希土類元素である Dy が発光を促すための賦活剤の役割をしていることを確

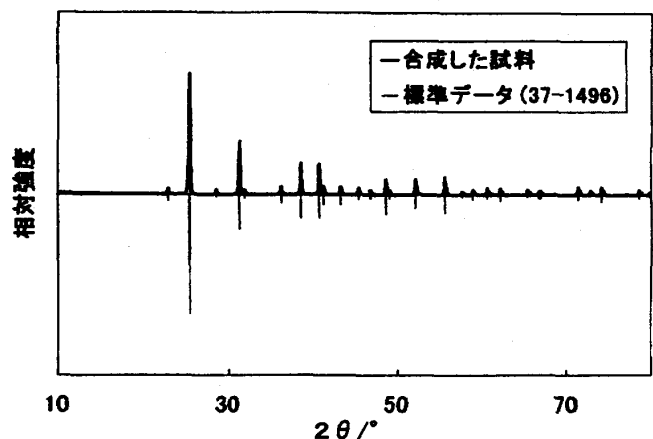


図 1 X線回折パターン ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$)

認することができた。

試料Aのグロー曲線の一例を図3に示す。このグロー曲線は、照射30分後に測定を行ったものである。100℃と180℃付近にグローピークが観測された。これまでのところ、グロー曲線の形とそのピーク強度に対する再現性が得られていない。この原因として、測定する TLD 素子の量が一定でないこと、TLD 素子への熱の伝わり方が一定でないこと、昇温速度が一定でないこと、アニーリングを行っていないこと等が考えられる。よって、今後は照射してから測定するまでの時間にも考慮しながら、この点について検討していきたいと考えている。

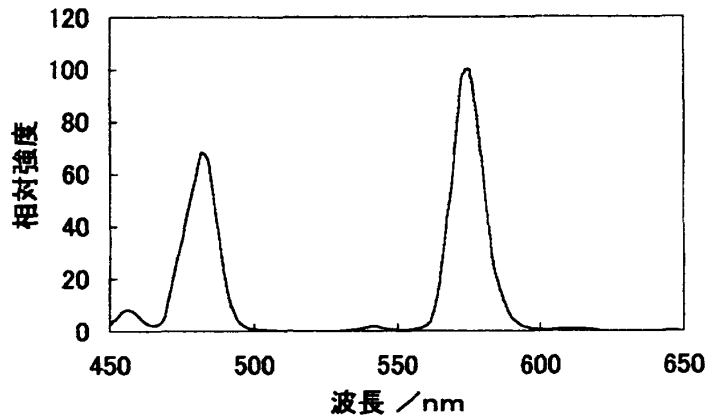


図2 熱発光スペクトル

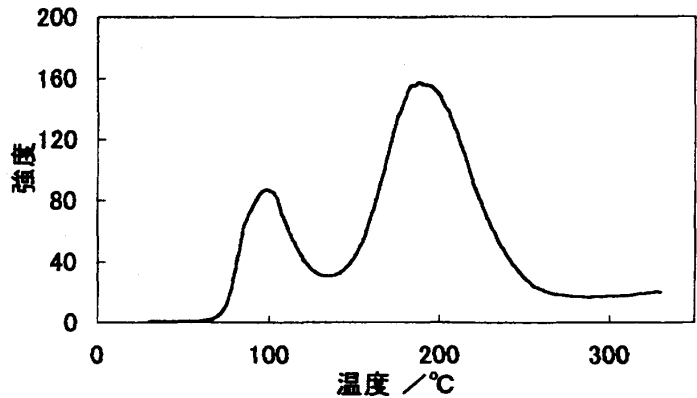


図3 試料Aのグロー曲線

【結論】

TLD 素子 (CaSO₄:Dy) の合成を行い、結晶の同定をし、合成の前後で結晶構造が変化していることがわかった。また、熱発光スペクトルを測定することで、Dy が発光を促すための賦活剤の役割をしていることを確認することができた。

【謝辞】

X線回折測定に御協力頂いた立教大学理学部化学科の関根強一助教授ならびに関根研究室の皆様へ感謝致します。

(指導 原田 和正 助教授)

増感紙の比較 ～蛍光体の結晶粒子の大きさについて～

838031 齋藤 桂

【目的】

2種のオルソタイプスクリーンを試料としてX線回折および電子顕微鏡を用いて、蛍光体粒子の大きさの違いなどを比較する。

【使用器具・装置】

X線回折装置 (Rigaku RINT-2200 Cu $K\alpha$)、走査電子顕微鏡 (JEOL JSM-5200)、増感紙 (Fuji: HR-16 極超高感度タイプ back、HR-3 超高鮮鋭度タイプ back)、フィルム (Fuji HR-S)、X線装置 (IRF-800-150: X線制御装置 DC-30F、高電圧発生装置 DG-50F、X線管装置 PRX1724B)、自動現像機 (FPM1300)、アルミ階段 (20段)、濃度計 (富士濃度計 301 RS)、JCPDS

【方法】

実験Ⅰ 試料 (HR-16 HR-3) のX線回折測定。

実験Ⅱ 試料 (HR-16 HR-3) を走査電子顕微鏡により観察。

実験Ⅲ HR-S / HR-16系と HR-S / HR-3系の特性曲線を作成。

【結果および考察】

今回得られた HR-16 及び HR-3 の回折パターンはどちらも JCPDS 標準パターン (26-1422: Gd_2O_3 、三方晶系 空間群: $P\bar{3}m1$ 格子定数: $a=3.852(2)\text{\AA}$ 、 $c=6.667(2)\text{\AA}$) と回折角度が一致したので Gd_2O_3 と同じ結晶構造をもつと考えられる。得られた回折強度より、HR-16 が HR-3 に比べて大きいことが分かった。これは主に HR-16 が HR-3 よりも蛍光体層が厚いためであると考えられる。

また、HR-16 と HR-3 の対応するピークの半値幅に大きな違いは無く、結晶子の大きさの違いによる回折ピーク幅の差は見られなかった。

HR-16、HR-3 で得られた各々の回折パターンと標準パターンを比較すると、どちらも、 $2\theta=40.7^\circ$ ($hkl=003$) 付近に標準パターンと比べて特に強い相対強度をもったピークが得られた。これは、結晶の $[001]$ 面が増感紙表面と平行になっている結晶粒子の割合が多いことを示している。さらにこのピークについて比較すると HR-16 の方が HR-3 よりもこの配向が顕著である

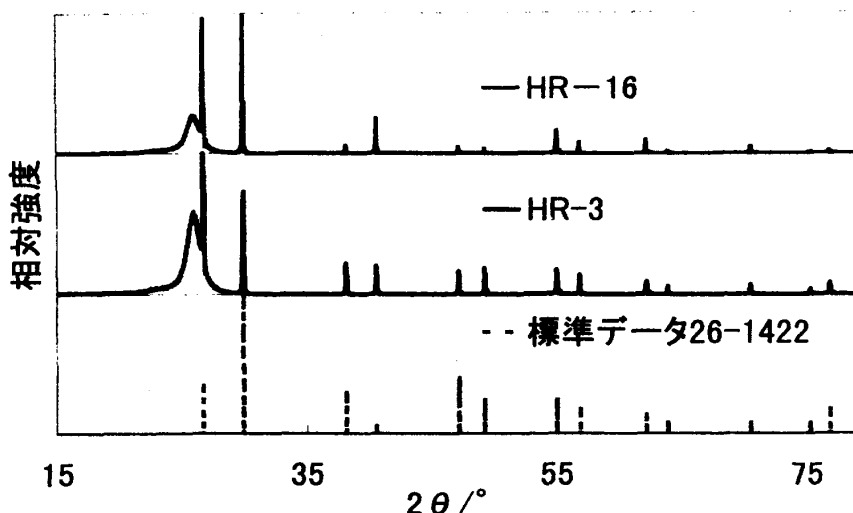


図1 標準パターンとの比較

ことが分かる。

低倍率の電子顕微鏡観察からそれぞれの蛍光体層の厚さは、HR-16=430 μm、HR-3=67 μmとなった。また、両者を比較すると、明らかに、HR-3の蛍光体層はHR-16に比べて小さい粒子で構成されている事が分かる。

実験Ⅲで得られた特性曲線からHR-3を100としたときの相対感度を求めると、HR-16は760となり、HR-3に比べ約8倍の感度を持っている事が分かる。

【結論】

HR-16 極超高感度タイプの方がHR-3 超高鮮鋭度タイプに比べて、蛍光体層が厚く、蛍光体粒子が大きいことがわかった。

【謝辞】

X線回折測定ならびに電子顕微鏡写真撮影に御協力頂いた立教大学理学部化学科助教授 関根強一先生、大学院生の菊池史陽氏をはじめ関根研究室の皆様に感謝致します。

(指導 原田 和正 助教授)