

平成10年度卒業研究論文発表要旨

<日時>平成10年12月19日

13:00~17:00

<場所>1-201教場

自由空気電離箱のイオン再結合特性

836040 池田 健太郎

836010 佐野 健太郎

836018 勝木 雄一

【目的】

自由空気電離箱はX線診断領域における照射線量の標準測定に用いられており、その絶対線量測定の補正には18個の補正項目が必要とされています。今回は特に、その補正項目のうちの一つであるイオン対再結合によるイオン収集係数に関係するイオン再結合領域に注目して自由空気電離箱の基礎特性について実験を行いイオン再結合領域の決定、X線の線質評価の検討を行いました。

【実験器具】

X線発生装置：KXO-50G

自由空気電離箱

微小電流計：KEITHLEY 610C

高電圧電源：FLUKE 408B

【測定条件】

管電圧：50,70,90 [kV]

管電流：0.5 [mA]

アクリル厚さ：0, 0.05, 3, 5 [mm]

焦点電離箱間距離：73, 100 [cm]

【実験方法と結果】

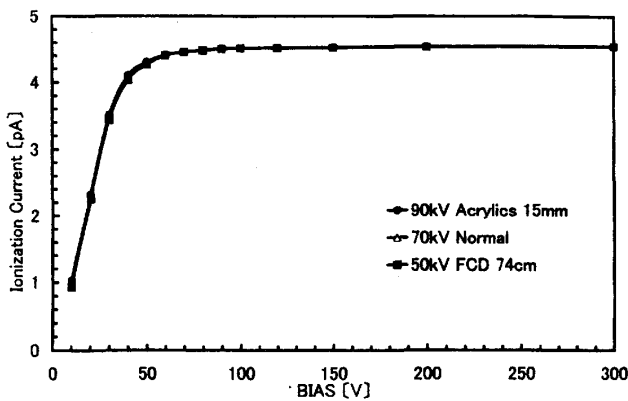
I. イオン再結合領域について

各 X 線管電圧において電離電荷収集曲線が等しくなるように焦点電離箱間距離とアクリル厚を変化させグラフ 1 にまとめる。グラフ 1 より、線質が変化しても飽和電離電流値が同一であればイオン再結合領域は等しくなる。

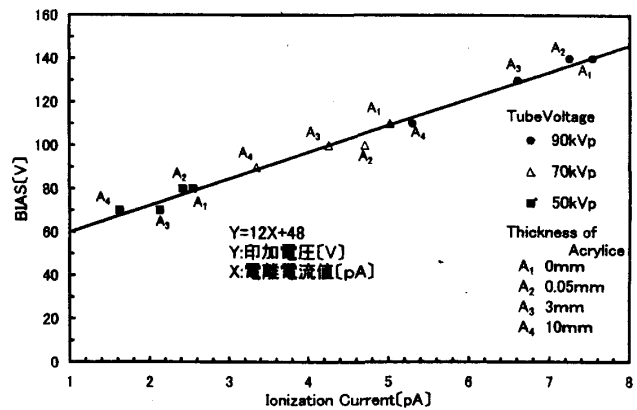
また、各 X 線管電圧においてアクリル厚を変化させそれぞれの飽和領域の直線部を外挿し、直線から外れた部分を飽和点としてグラフにまとめ、これに最小二乗法を用いてグラフ 2 とする。このグラフ 2 より、再結合領域の飽和点の印加電圧は

$$Y = 12X + 48 \quad Y: \text{印加電圧 [V]} \quad X: \text{電離電流値 [pA]}$$

の一次式によって決定される。



グラフ 1 再結合領域の測定



グラフ 2 アクリル厚変化時における飽和点の変化

II. X 線の線質評価について

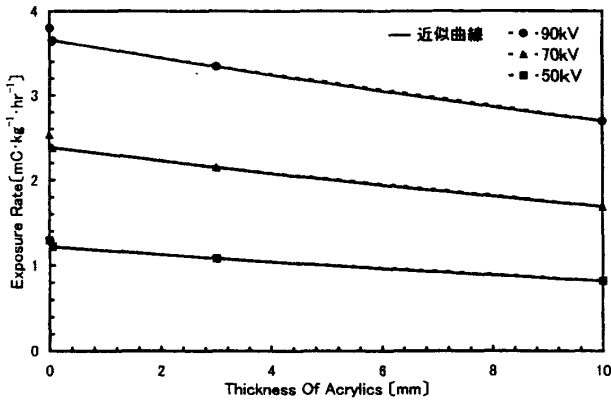
I の結果から求めた飽和点の印加電圧をそれぞれ照射線量率に直し、これに指数近似を行うとグラフ 3 になる。この指数近似の式から線吸収係数を求め日本放射線技術学会より発行されている『光子減弱係数データブック』のグラフ 4 を用いて各 X 管電圧での単一光子エネルギーを求めた。

このことにより、自由空気電離箱の測定点にファントムを置くことでその物質の線吸収係数を求めることができる。また、その線吸収係数により連続エネルギーであるエックス線質評価をすることができる。

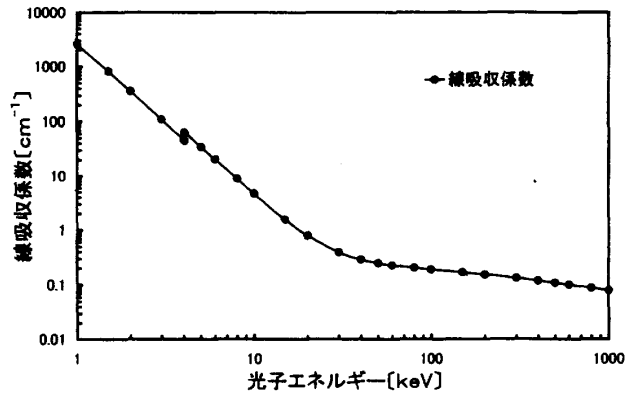
$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

I_0 : 入射光子数 I : 厚さ d の吸収物質を透過したあとの光子数

μ : 線吸収係数 d : 吸収物質の厚さ



グラフ3 印加電圧200V時におけるアクリル厚の変化



グラフ4 アクリル板の線吸収係数と光子エネルギーの関係

各 X 線管電圧におけるアクリル板の線吸収係数と
単一光子エネルギー

X 線管電圧 [kV]	線吸収係数 [cm ⁻¹]	単一光子エネルギー [keV]
90	0.307	38.0
70	0.344	33.4
50	0.388	30.6

【まとめ】

イオン再結合領域では、有効電離体積内でのイオン対の総数によって一義的に決まるといえる。また、飽和点の印加電圧値 Y [V] は、飽和電離電流値を X [pA] とすると $Y=12X+48$ の一次式で決定される。

また、アクリル板の線吸収係数 μ から求められる単一光子エネルギーは過去のスペクトル実験データから実効エネルギーにより近い値となっているため線質評価をする事が可能である。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

イメージングプレートの基礎的な物理特性

836011 二 田 孝 靖

836014 木 本 謙 介

【目的】

イメージングプレート (以下 IP) は医療のみならず、非破壊検査、ARG などの画像解析分野で使用されている。この IP は、一般に照射線量と PSL の関係が 4 ~ 5 桁の直線性がある非常

に有用な特性を持つ。その反面、時間経過と共に輝尽発光量が退光してしまうフェーディング現象を有しているため、その取り扱いには十分な知識と共に注意が必要である。我々は、IPのデータを定量的に処理・解析のできる FUJIFILM 社製 BAS 装置を用い、IP を活用していくにあたり重要である物理特性（線量直線性・フェーディング）について実験を行ったので報告する。

【概要】

(1) BAS (Bio-Imaging Analyzer System) とは、放射線検出器として、FUJIFILM 社が開発した超高感度、ワイドなダイナミックレンジ、4～5桁にわたる線量直線性、X線フィルムに匹敵する高解像度等の特長を有している IP を採用している。

BAS は DNA、RNA、蛋白質の ARG や薬物代謝分析、非破壊検査等の工業分野等、様々な分野においての応用がなされている。また、臨床に用いられている CR とは異なり画像処理をしていない状態でデータを得ることができ、解析ソフトを用い定量・画像解析が可能である。

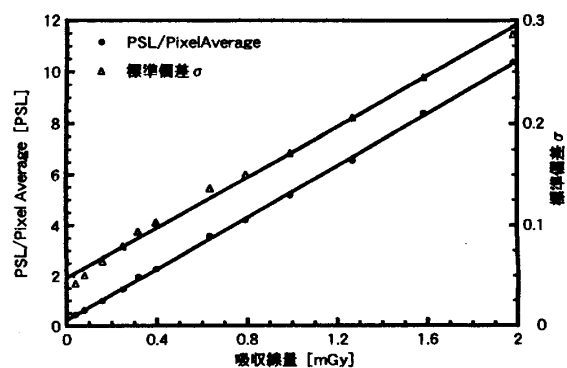
(2) 本大学においての BAS を含めたネットワークシステムは、DICOM GATEWAY を介し、既存の FCR システムとのデータの転送を可能としている。このため BAS において得られたデータ以外の臨床上のデータの解析を専用のアプリケーションを用いることにより、Macintosh 上で定量解析、画像解析を行うことが可能である。

【方法・結果】

〈実験 1：線量直線性〉

X 線照射条件は、管電圧 80kV・照射時間 71ms・フィルタ 1.5Al+0.1mm Cu・距離 100cm で、管電流をパラメータとし 10～500mA の 12 点照射し、BAS-5000 で読み取った。

茨城県放射線技師会作製による NDD 法を使用して換算した吸収線量を用い、縦軸はピクセル当たりの PSL 値の平均値で表した。IP は X 線量に対して 4～5 桁の直線性を持つとされているが、今回の実験においては、線量の幅が多くとれなかったため、5 桁までの直線性は得ることが出来なかった。しかし、およそ 2 桁の範囲での線量直線性が確認された。



グラフ 1 線量直線性

〈実験 2：フェーディング〉

X 線照射条件は、管電圧 80kV・管電流 200mA・照射時間 71ms・距離 100cm・フィルタ 1.5Al+0.

1mm Cu の条件で、一枚の IP に時間経過と共に照射を行い、最終的に 8 時間後の照射が行われた点を、照射後 0 時間として BAS-1800 を用いて読み取りを行った。

フェーディングの結果をグラフ 2 に示す。資料によると 25°C、8 時間経過で 25% の PSL の減衰が起こるとされているが、今回の実験においては、およそ 40 分で 25% の減衰が確認された。

大きな原因としては、読み取りまでの温度変化が考えられるが、実験時の温度は、ほぼ一定としていたため、温度によるフェーディングの変化はほとんど無視できると考える。今回は繰り返し実験を行わなかったためデータの信頼性は低いとも言えるが、フェーディングを確認することが出来た。

〈実験 3：PSL の減衰〉

実験はアルミステップを試料として、管電圧 80kV・管電流 100mA・照射時間 71ms・フィルタ 1.5Al+0.1mm Cu・距離 200cm の条件で照射を行い、直接線部分とアルミ 15mm 厚の場所において ROI を設定し PSL を取得した。

各読み取り回数に対して、同一の ROI で PSL を取得した結果がグラフ 3 である。これより、読み取り 20 回程度までの減衰が大きいことが分かる。

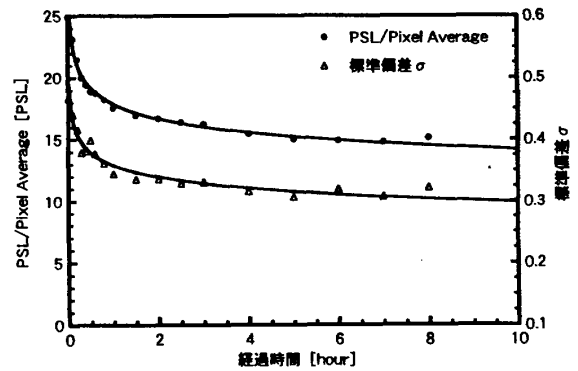
IP 上の各場所において PSL が同一の減衰をするかを計算した結果、その減衰は、1 回目読み取りの平均で 37.1% の減衰を示し、その IP 内での標準偏差は 0.58 となった。IP の各部位の減衰と比較すると、標準偏差内に収まっていない減衰が多く、一枚の IP 内の減衰は一樣ではないと言える。

【結論】

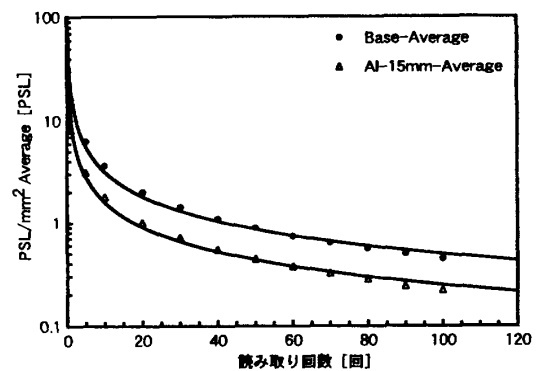
線量直線性については、資料によると 4～5 桁の直線性とされているが今回の実験においては吸収線量に対して、0.04mGy～2mGy までのおよそ 2 桁の直線性が確認する事が出来た。

フェーディング現象は、一般に 8 時間で 25% の退光とされているが、およそ 40 分で 25% の退光を示した。

読み取り回数に対する減衰は IP 上の各位置において一樣ではなかった。しかし、各回数の読



グラフ 2 フェーディング



グラフ 3 PSL の減衰

み取り減衰が常に一定であれば、そこから読み取ることが出来ない飽和してしまったPSL値についての逆算することが可能となるのではないかと考える。

(指導 佐藤 昌憲 助教授)

電磁波の人体に与える影響 ～ケイタイが危ない!～

835009 白 戸 友 和
835076 佐 藤 律 子
836004 平 林 愛 希 子
836028 後 藤 奈 保 子
836051 高 橋 秀 幸

【目的】

現代社会において私たちは、送電線や家電製品、携帯電話等による電磁波に囲まれて生活している。そこで、電磁波が人体に与える影響を勉強する。また、身近な電磁波を測定する。

【実験方法】

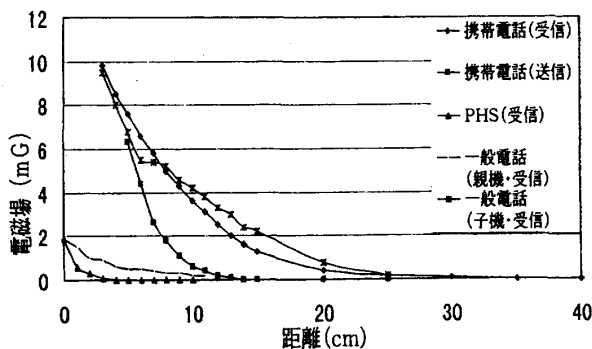
フィールドメーターを用いて、電化製品の場合は対象機器から0 cm～100cmまでの測定をする。また、携帯電話・PHS・一般電話の場合の測定可能な範囲で測定する。測定毎にバックグラウンドを測定し、測定値から引く。

【結果】

ポケット線量計に携帯電話からの電磁波を与える。→誤作動によって急激に値が上昇。距離3～4 cmで影響はほとんどなくなった。

【まとめ】

・グラフ1より、距離をとると（携帯電話では10cm程）急激に磁場が減少し、最終的に値は0になった。また、携帯電話と一般電



グラフ1 距離と電磁場の関係

表1：電化製品から電磁場測定値 (単位；mG)

電化製品	0 cm	5 cm	10cm	50cm	100cm
テレビ	9.6	8.8	7.3	2.1	0.9
パソコン	6.8	3.3	2	1	0.3
蛍光灯	→	→	9.3	0.8	0.6
白熱灯	0.2	0.1	0	0	0
電子レンジ	→	→	→	3.8	0.1
冷蔵庫	0	0	0	0	0
コンポ	6.4	3.2	1.6	0.1	0
C T 室	1.0~1.5(ポジショニング時の技師の位置)				
CT 操作室	2.0~4.0(モニター前に座った技師の位置)				

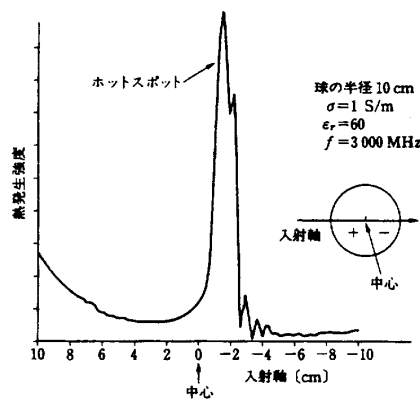
話の子機の磁場が特に大きかった。

- ・表1より、日常使用している電化製品からも磁場が測定された。電子レンジと蛍光灯は特に大きかった。携帯電話と同様に距離をとることで磁場が減少した。
- ★今回の研究では、身の周りの機器から非常に多くの電磁場が測定できた。しかし、その人体への影響は明らかでない。もし、電磁波が人体に影響を及ぼすと仮定すれば、距離をとることのできない携帯電話の長期間使用は無視できないと考えられる。

【その他】

ホットスポット

数百から数千 MHz_zの周波数の電磁波は球形状部位に局所的に共振が起こり、内部の吸収分布はスポット状になる特徴がある。この現象はホットスポットとよばれるもので、条件によっては表面の吸収より数倍以上大きくなることもある。生成理由としては、電界の集中効果により球のあらゆる方向から入射した波が中心部付近で位相が合い、強め合うためと考えられる。



このことは、球体モデル内部の発熱分布によって解説されている。

・Kritikos と Schwan の実験

半径10cmの高含水組織 (導電率 1S/m、比誘電率60) のみを材料とした球体モデルに周波数 3000MHz_zの電磁波を入射した。その結果、下図のように中心部付近に発熱の極めて大きい部分が見られる。これがいわゆるホットスポット効果である。

(指導 清水 忠良 教授)

カセットの性能評価

836005 田 崎 栄 美

836009 山 本 迅

836017 田 村 勝 美

【目的】

一般撮影においてフィルム／スクリーンシステムのカセットは画質を左右する因子の一つである。今回、我々はABSカセットのX線の吸収、フィルムと増感紙の圧着についてカーボンカセットと比較し評価した。

*ABSカセットとは……

マグネットによりフィルムと増感紙を密着させる

材 質：ABS樹脂 (A：アクリルニトリル B：ブタジエン C：スチレン)

入射面：スチールフォイル

射出面：磁性体ゴムクッション

増感紙：CAWO、磁性体ゴムクッションに対応する強度の高い保護膜を備えた専用増感紙

【実験方法】

1. X線の吸収

ABS、EC-C、EC-A、各カセットの透過線量の測定を行い、吸収の割合を得た。

2. フィルム／増感紙の圧着

フィルム／増感紙は全てHR-L／CAWOとし、MTFとRMS粒状度の測定を行った。

【結果及び考察】

1. X線の吸収

図1は入射したX線がカセットにどれだけ吸収されたかを示している。EC-Cは5%前後と低く、ABSは25~15%となりEC-Cの3倍近い吸収がみられた。

これはABSにはマグネット、EC-Cにはカーボンが用いられているためこの材質の
によって差が生じたものと考えられる。

2. MTFの測定

EC-C大角では中央部のMTF値の低下がみられた(図3)、ABS大角では場所によ

るMTF値の低下はみられなかった(図4)。四ッ切に関してもABS大角と同様の結果が得られた。このことから、EC-Cの中央部のMTFつまり鮮鋭度の低下はABSでは改善されているものとする。

3. RMSの測定

一般にRMSは濃度と共にわずかに上昇するが、ここでは濃度によって両者の値が交差している(図2)。

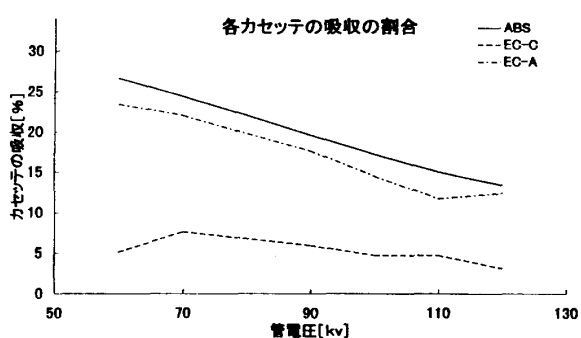


図1

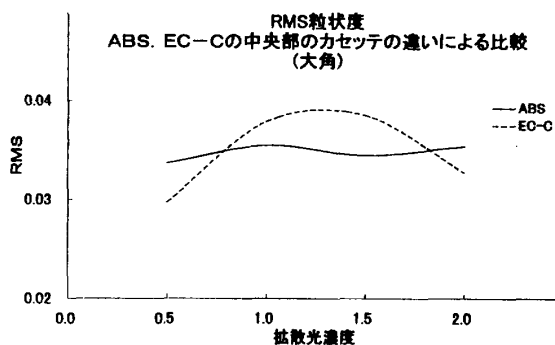


図2

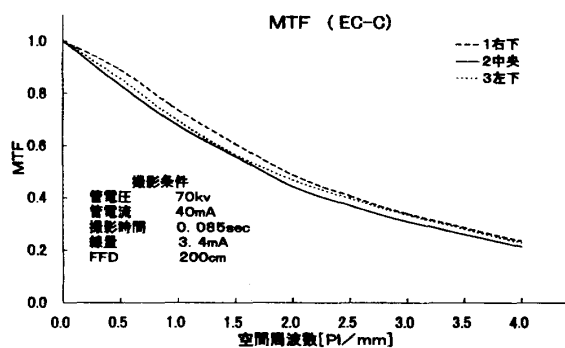


図3

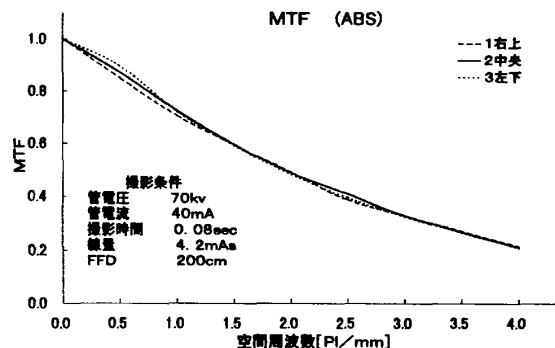


図4

【結論】

ABSカセットの評価

大きさ、場所に左右されず一様な圧着がみられるが、X線の吸収が多い問題がある。

(指導 西尾 誠示 助教授)

CR 画像処理による低信号の描出能

～ROC 解析を用いた描出能の比較～

836043 安野昌子

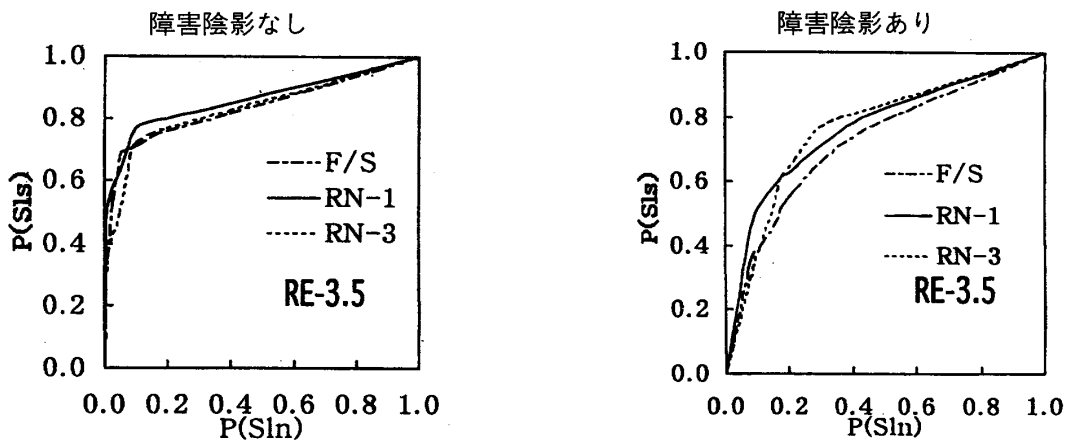
【目的】

Computed Radiography 系と Film/Screen 系を比べ低信号の描出能を障害陰影の有無にわけ、評価した。これをもとに、視覚評価を行い、ROC 解析を用いて両者を比較した。

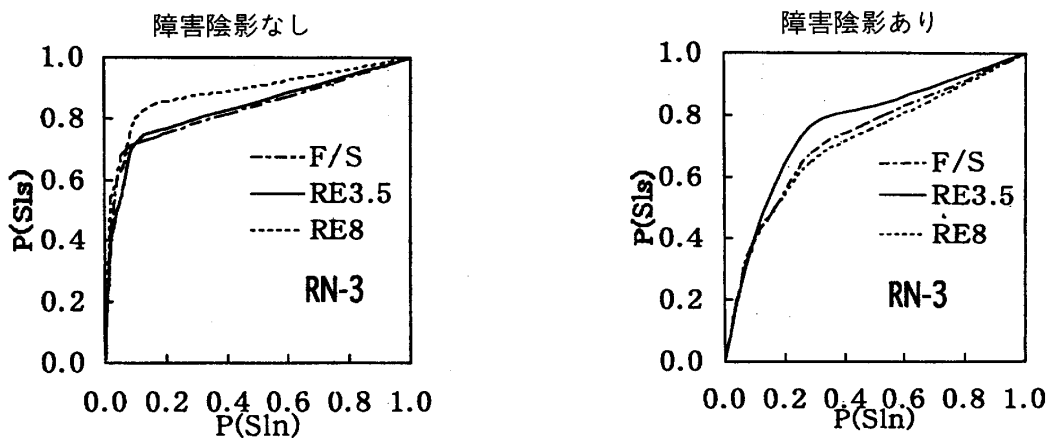
【実験方法】

- 1) 同一撮影条件を設定し、障害陰影の有無にわけて各々試料を作成した。
- 2) 特性曲線の形状は、A 階調、周波数ランクを 1、3、周波数強調度を 3.5、8、他は Fuji のオリジナルの値を用いた。

作成した試料により視覚評価を行った。



グラフ 1 周波数ランクを変化させた際の比較



グラフ 2 周波数強調度を変化させた際の比較

【結論】

低信号物質のみでは、CR法の方が良い成績が得られたが、障害陰影がある場合、画像強調処理を行うと、低信号のみでなく障害陰影やノイズ成分も強調されてしまい、画質の低下は避け難いものになってしまう。障害陰影のある部位についての画像強調はCR法の特性を十分に考慮して行う必要がある。

(指導 西尾 誠示 助教授)

低線量 CR 画像における grid の有用性 ～撮影部位と grid ratio の関係～

836020 柳 澤 秀 樹

836039 渋谷 徹

【目的】

Computed Radiography (以下CR)法に用いる Imaging Plate(IP)は、増感紙よりX線の吸収効率が良い。更にCRはEDR(自動感度調整機構)機能を備えるので、IPへの到達線量が不足しても適度な濃度で画像が得られる。同一照射条件を設定し、低格子比Gridを用いたCR法と通常のFilm / Screen(以下F/S)法で得られた画質の評価を行う。

【方法】

最初にF/S法でHR-S/HR-4により肘関節と膝関節で、骨部の濃度が 1.00 ± 0.1 となる撮影条件を求めた。次にIPを用いてその条件を不変のまま、ランドルト環(計120枚)を撮影し、得られた画像の視覚評価を行った。

ランドルト環の評価：学生4名にて観察しC型の開口方向の正答率を求めた。

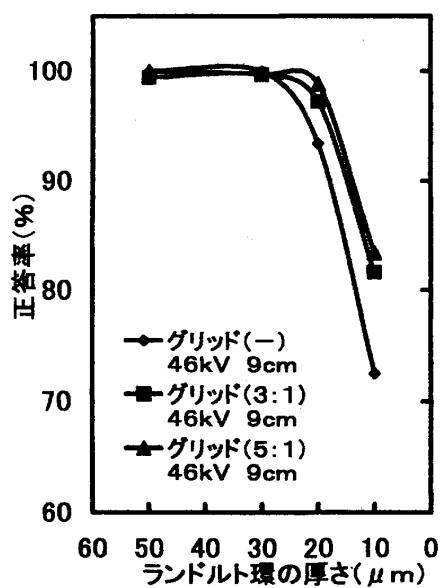
比較条件：アクリル厚 9 cm、14 cm

管電圧 46 kV、60 kV

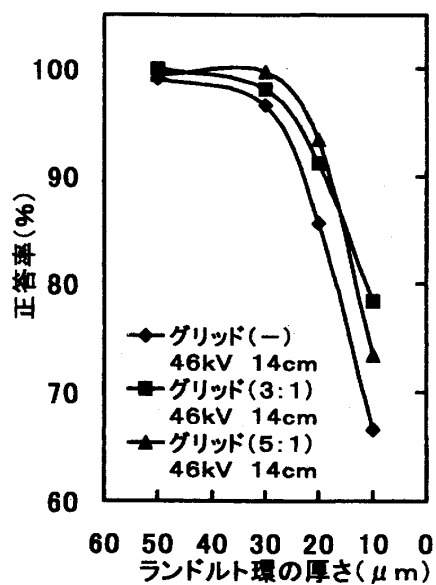
Grid (—)、3 : 1 (40)、5 : 1 (34)

【結果】

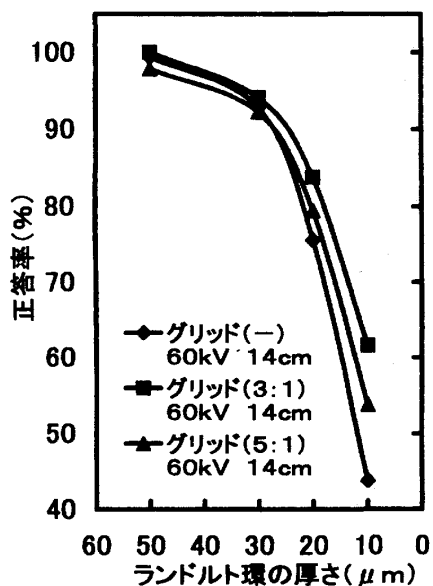
散乱線の影響が最も多いと思われる条件の60kV、14cmではGrid比3 : 1が良く、反対に最も少ないと思われる条件46kV、9 cmではGrid比5 : 1が良かった。



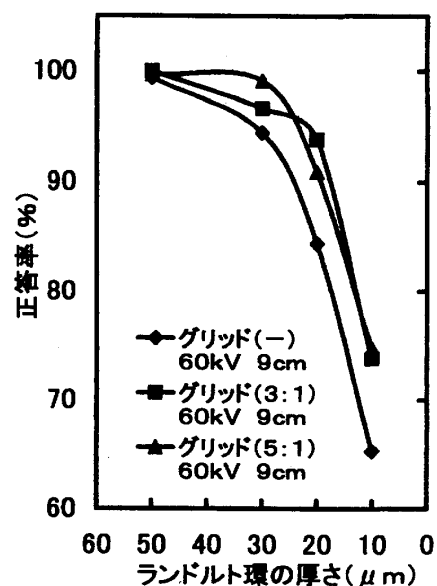
視覚評価 (1)



視覚評価 (2)



視覚評価 (3)



視覚評価 (4)

その他の条件では正答率に明確な差は見られないが、全ての条件において Grid を用いた画像の評価が高かった。

【まとめ】

被曝線量が同じであれば、Grid を用いると IP への到達線量が減少するので粒状性は低下するが、コントラストは向上する。Grid を用いないと粒状性は良くなるものの、コントラストは低下する。従って低線量を用いた CR 法は Grid の散乱線除去能、及び IP への必要な到達線量を考慮した上で行う必要がある。

(指導 西尾 誠示 助教授)

胸部 X 線 CT 検査における散乱線分布測定

836015 相 澤 秀 行

836050 高 田 健 太

【実験目的】

X 線 CT 検査によって患者さんから発生する散乱線の分布状態を測定し、介護者の被曝について把握すると共に、有効的な被曝低減について検討する。

【実験条件】

実験における共通の条件は、管電圧120kV、管電流200mA、スライス面は胸骨柄と胸骨体の接合部とし、女性胸部ファントムはPB-2(京都科学標本製)を使用する。なお散乱線を測定する検出器は、ラドコン線量計(VICTOREEN-MODEL500)を使用する。

【実験方法】

実験1としてX線CT検査によって発生する散乱線の角度依存性について測定を行う。測定を行うポイントは寝台側距離70cmについて左60度から右60度まで、同じく寝台側距離140cmについて左90度から右90度まで、架台裏については距離70cmについて左30度から右30度までとする。この測定によって散乱線の角度依存性について把握する。

実験2では介護者の甲状腺及び生殖腺における被曝線量を算出する。介護者の甲状腺を床から145cmの高さ、生殖腺を床から90cmの高さと想定して測定を行う。X線ビームの中心からの距離は甲状腺、生殖腺共に70cmとする。

【実験結果】

・実験1

寝台側距離70cmにおける測定結果を図1に示す。この結果から寝台の長軸方向で最低値となり、左右はほぼ対称であることがわかる。図2には寝台側距離140cmにおける結果を示す。この図から角度が60度以上となると架台による減弱により散乱線が大幅に減少する事が分かる。また架台裏の測定結果は寝台側に比べると約1.5倍という高い値を示している。これは使用したファントムが女性であったため寝台側では主に乳房によって散乱線が吸収されたためであると考えられる。

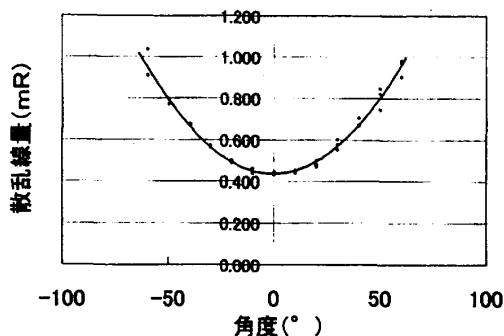


図1 散乱線量 (寝台側70cm)

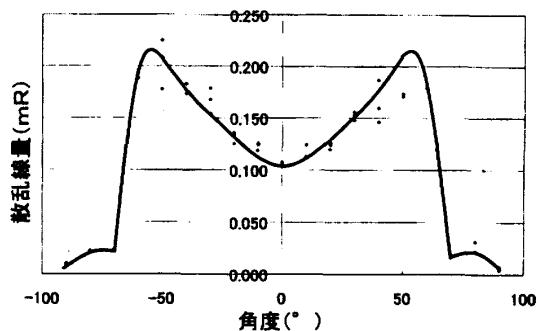


図2 散乱線量 (寝台側140cm)

・実験 2

介護者の甲状腺及び生殖腺の被曝線量を 1 cm線量当量変換係数を用いて算出した結果、甲状腺での被曝線量は 1 スライス当たり寝台側で $8.74\mu\text{Sv}$ 、架台裏で $12.67\mu\text{Sv}$ となった。生殖腺での被曝線量は 1 スライス当たり、プロテクターを着用しない場合 $9.08\mu\text{Sv}$ 、 0.25mmPb のプロテクターを使用すると $1.12\mu\text{Sv}$ となった。この結果から 0.25mmPb のプロテクターでは被曝線量は88%押さえられるにすぎない事が分かった。なお今回の実験において測定した照射線量から線量当量を算出する際に 1 cm線量当量変換係数を使用した。使用した CT 装置の正確な実効エネルギーが分からなかったため、 $15.4 (\mu\text{Sv} / \text{mR})$ という最大値を使用する事によって最悪の状況を想定した。

【結論・検討】

胸部 X 線 CT 検査において被検体から発生する散乱線は CT の寝台の長軸方向で最低となり分布は左右ほぼ対称、さらに架台裏では散乱線が増加していることがわかった。また散乱線の角度分布の測定結果より距離の逆二乗則が成立していると考えられる。今回の撮影条件での介護者の被曝は、1 スライス当たり寝台側では甲状腺で $8.75\mu\text{Sv}$ 、生殖腺で $9.08\mu\text{Sv}$ 、架台裏では甲状腺で $12.67\mu\text{Sv}$ 、生殖腺で $11.66\mu\text{Sv}$ 程度である事が分かった。しかし臨床的には胸部の 1 回の CT 検査には20~30スライス撮影するため、約 $0.2\sim 0.3\text{mSv}$ の被曝が考えられる。被曝低減の目的で使用した 0.25mmPb のプロテクターでは88%の被曝抑制にすぎないため、CT 検査中に検査室に入る場合には、 0.35mmPb のプロテクター及び甲状腺用プロテクターの着用が望ましいといえる。

(指導 青木 清 教授)

診断用エックス線の壁における反射率の測定

836047 鈴木里香

836054 上田隆司

【目的】

X線撮影時における術者の被曝を考える場合、そのほとんどが散乱線によるものと考えることができる。その散乱線源の一つとして壁からの反射が推測される。そこで、この散乱線の発生割合を知るため、X線の壁における反射率を求める。(ここでいう反射率とは後方散乱の発生割合のことである。)

【実験方法】

撮影条件を以下に示す。

胸部条件120kV、200mA、0.02sec、腹部条件80kV、150mA、0.2sec、照射野の一辺の長さ〔cm〕30、40、50、X線管-壁間距離200cm、遮蔽板-検出器間距離3cm、検出器-壁間距離通常5cm、遠ざけた時25cm、反射率〔%〕= (散乱線/直接線) × 100

図1のように条件①、②、③を考え、反射率を測定した。条件①では散乱線のみを測定している。ただし、鉛版に遮蔽されている部分は陰になっているので散乱線は発生しない。条件②及び条件③では、(直接線+散乱線)を測定している。この実験では、できるだけ散乱線の発生部分を条件①に近づけたいために条件②では、反射しにくいと思われる鉛版を張り付け、陰の部分からの散乱線発生を防止する試みをした。しかし、これによりかえって陰の部分からの散乱線の発生割合が増加する場合には条件③で測定した。こうして求めた(直接線+散乱線)の線量より条件①で求めた散乱線線量を引くことによって直接線の線量を求めた。壁材は設置されている壁(コンクリート)を標準とし、その他、アクリル、鉛を用いた。

反射率〔%〕= (散乱線/直接線) × 100 = 【散乱線 / {(直接線+散乱線) - 散乱線}】 × 100 = 条件 {① / (③-①)} × 100、又は条件 {① / (②-①)} × 100

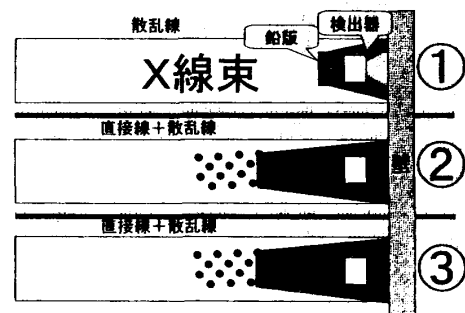


図1 反射率の測定方法
(陰影部は散乱線を示す)

【結果と考察】

図2にコンクリート壁における反射率の測定結果を示す。これより、壁からの反射があることがわかる。胸部条件と腹部条件共にコンクリート壁に近いほうが反射率が高い。エネルギーの高い胸部条件の方が腹部条件と比べ反射率が高い。照射野が大きい程反射率が高い。距離が5倍の差があるにもかかわらず、反射率は2～3倍の差しかない。図3に壁（コンクリート）と鉛における反射率の比較を示す。これより、わずかではあるが鉛の方が壁（コンクリート）よりも反射率が高い。図4に照射野を一辺30cmとした時の材質の違いによる反射率の比較を示す。これより、アクリルは胸部条件で約44%、腹部条件で約32%であり、壁（コンクリート）や鉛と比較し反射率が非常に高い。これは、原子番号が低いほどコンプトン効果を起こす割合が高くなり、原子番号が高いほど光電効果を起こす割合が高くなるからである。壁（コンクリート）について考えると、図4より、鉛よりも反射率が低い値を示した。そこで、最初次のように考えた。用いたアクリルと鉛はX線が1/1000以下に減弱されるような厚さを計算し、用意したのに対し、コンクリート壁は実験室に設置されているものだった。このためX線が十分に減弱されるだけの厚みを有していないと考えた。しかし、実際に減弱の度合いを測定したところ、コンクリート壁は十分な厚みを持っていることがわかった。そこで次の考え方として、図2をもとに推測した。図2より、壁から離れるほど反射率は低い値を示すことがわかり、これと似たようなこと、つまりコンクリート壁は表面の板材とコンクリートとの間に空間があると考えられる。

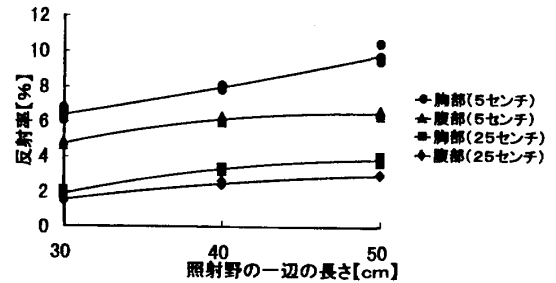


図2 壁（コンクリート）からの距離を変えた場合の反射率

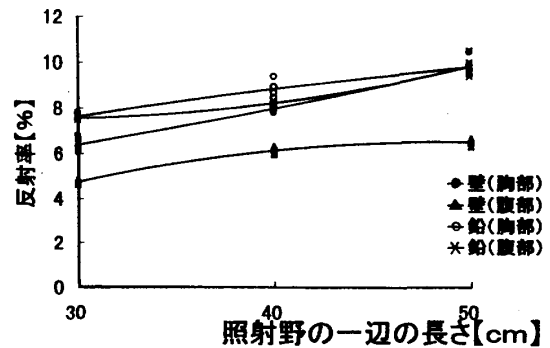


図3 壁（コンクリート）と鉛との反射率の比較

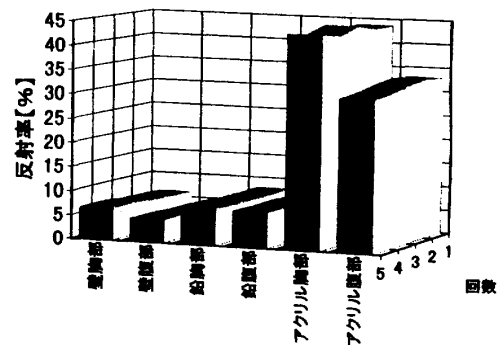


図4 照射野一定 (30×30cm²) の時の壁材の違いにおける反射率の比較

【結論】

今回の条件では、反射率はコンクリート壁では、4.7~9.8%、鉛壁では7.6~9.8%であった。アクリル壁では30%以上だった。壁から離れると散乱線は減少する。照射野を大きくすると反射率は増加する。

(指導 青木 清 教授)

単純 GA (遺伝的アルゴリズム) による最大値探索

836012 稲 垣 直 之
 836019 山 崎 瑠 衣
 836026 吉 田 あすか
 836029 外 園 亜由子
 836049 北 岡 千代美

【目的】

遺伝的アルゴリズムについて理解するとともに、単純遺伝的アルゴリズムによる関数の最大値探索を行うプログラムを用いて、適切なパラメータを検索する。

【方法】

単純 GA による関数の最大値探索のプログラムの中で、交差率(C-RATE)と突然変異率(M-RATE) の値を変化させ、最大値が早く探索できるものを調べた。

世代交代を繰り返す数を100とし、これをさらに10回行った。

変化させたパラメータを表1にしめす。

表1 探索するために設定したパラメータ値

POP-SIZE	15		
G-LENGTH	8		
C-RATE	0.2	C-RATE	0.40
C-RATE	0.4	M-RATE	0.005
C-RATE	0.1	M-RATE	0.010
C-RATE	0.6	M-RATE	0.020
M-RATE	0.02	M-RATE	0.040

C-RATE 交差率
 M-RATE 突然変異率
 POP-SIZE 個体総数
 G-LENGTH 個体の遺伝子型のビット長

【結果および考察】

結果を表2に示す。

表2 C-RATE、M-RATEの変化における最大値探索数

F 1 三角波 F 3 放物線

C-RATE	M-RATE 0.02		M-RATE	C-RATE 0.4	
	F 1	F 3		F 1	F 3
0.1	4	4	0.005	2	4
0.2	2	3	0.01	3	3
0.4	6	5	0.02	6	3
0.6	5	4	0.04	3	1

*100世代のうち最大値が5回以上続いたものを1とした。

表2からわかるように関数F 1、F 3ともC-RATE 0.4、M-RATE 0.02のパラメータが一番早く最大値を探索することができた。よってこのパラメータが環境への適応度の高いものとなり、次の世代への受け継がれることとなります。

実際に応用が進んでいる遺伝的アルゴリズムには、巡回セールスマン問題などがあります。

巡回セールスマンとは、与えられた複数の都市のすべてを各都市それぞれ1回だけ訪問するという条件のもとで巡回する際の最短経路の探索です。

今回、私達が行なった実験は遺伝的アルゴリズムにおいて、ほんの1部にすぎません。しかし、これからGAは、最大探索以外の様々な分野で応用されるでしょう。これは、人工知能で扱われる困難な問題への進化論からの挑戦なのです。現在も研究が進んでいる興味深い課題であるため、これからの発展に注目したいと思います。

(指導 檀尾 英次 教授)

増感紙 (BaFCl: Eu²⁺)と IP (BaFBr: Eu²⁺)の 瞬時発光強度の比較

836030 濱 元 樹

【目的】

Q-65 (BaFCl: Eu²⁺)と IP (BaFBr: Eu²⁺)はほぼ類似した発光体を増感紙と IP に使用しているが、両者の瞬時発光強度にどの程度の違いが出るかを比較検討した。

【方法】

1) 特性曲線の作成

極光 FS-V、東芝 Q-65、富士 IP (ST-III N) を増感紙として、Al 階段 (25段) を標準及び 2 倍露光になるように管電圧 50、60、70、80、90kV で撮影した。

Al 階段の各段の濃度をそれぞれ測定し、その結果からブーツストラップ法にて各管電圧ごとの特性曲線を描いた。

2) 感度評価

FS-V を基準として、Q-65と IP を mAs 値の値で補正した特性曲線を求めた。次に濃度 1.20 の比露光量を特性曲線から読み取る。FS-V の感度を 100 として、Q-65 と IP の感度を求めた。

【結果】

得られた結果を表に示す。Q-65 と IP の感度を各電圧ごとに比較すると、50kV では同等であったが、それ以外の 60、70、80、90kV では Q-65 の方が感度は高くなった。

【考察】

X線吸収は BaFCl: Eu²⁺ より BaFBr: Eu²⁺ の方が高いので、発光効率が同じであれば BaFBr: Eu²⁺ の方が感度が高くなるはずである。しかし、実験結果から BaFCl: Eu²⁺ の方が感度は高くなってしまった。今回の実験では瞬時発光強度を測定しているため、BaFBr: Eu²⁺ は瞬時発光強度は低いということが分かる。また、BaFBr: Eu²⁺ は照射されたエネルギーを一時蓄積し、後から読み出しを行うため、むしろ瞬時発光強度は低くおさえ、読み出し時の強度が強くなるように作られていると考えられる。このようにそれぞれの発光体の特性に合わせて利用されていることが分かった。

表 FS-V、Q-65、IP の感度

管電圧 (kV)	50	60	70	80	90
FS-V	100	100	100	100	100
Q-65	234	447	447	562	468
IP	234	363	407	501	457

(指導 山本 裕右 教授)

各種 LANEX 増感紙の発光強度

836001 柳 直 澄

【目的】

増感紙の構造が発光強度に与える影響について、各種 LANEX 増感紙 (FAST、REGULAR、MEDIUM、FINE) を用い比較、検討を行う。

【方法】

瞬間マルチ測光検出器を用い X 線を照射した際の、フロント側とバック側増感紙の発光強度を測定した。

【結果】

実験から得られた各種増感紙の発光強度を表に示す。

表 各種 LANEX 増感紙の発光強度

増 感 紙	表面発光強度	透過発光強度	蛍光体層の色
FAST バック側	4.17	3.11	白色
FAST フロント側	2.62	2.10	白色
REGULAR	2.69	2.27	白色
MEDIUM	1.86	1.61	黄色
FINE	1.15	0.95	グレイ

【考察】

得られた結果に増感紙の蛍光体の厚さを考慮して検討すると、蛍光体の厚さが最も厚い FAST バック側の発光強度が最も高い値を示し、ついで厚さのほぼ等しい FAST フロント側、REGULAR、MEDIUM は同程度の発光強度、最も薄い FINE が最も少ない発光強度を示していることがわかる。すなわち同種の増感紙の発光強度は、蛍光体の厚さに依存していることがわかる。

また、透過発光強度は蛍光体厚が増えても蛍光体による自己吸収のため、そのまま発光強度は増加しなかった。

着色された増感紙を、無着色のものと比較すると、黄色の着色では短波長の発光が、グレイの着色では全波長領域で発光が吸収され発光強度は減少していることがわかった。

黄色の着色は散乱を起こしやすく鮮鋭度を低下させる短波長の光を吸収し、画質の向上に寄

与していると考えられる。

【まとめ】

以上のことより増感紙は同じ組成のものであってもその蛍光体の厚さ、着色によって波長による発光強度分布が異なることがわかった。

(指導 山本 裕右 教授)

合成した BaFBr: Eu²⁺ とイメージングプレートの輝尽発光

836045 上 里 恵 美

【目的】

BaFBr に Eu²⁺ を添加した合成物を合成し、未加熱試料、加熱試料およびイメージングプレート (ST-III_N) の3種について発光特性の比較を行う。

【実験】

・ BaFBr: Eu²⁺ の合成

合成した BaBr₂、市販の BaF₂ および EuCl₃・6H₂O を、モル比1.1 : 1.0 : 0.021の割合で蒸留水に懸濁後、水浴上で蒸発乾固させこれを未加熱試料とした。その後、加熱処理を850°Cで1時間行い、加熱試料を得た。

・ スペクトルの測定

光吸収スペクトルは、拡散反射法により日立分光光度計 U-3300 を用い、輝尽発光スペクトルは日本分光蛍光光度計 FP-777 を使用し測定を行った。試料へのエックス線照射は、管電圧70 kV、管電流200mA、照射時間0.2s で10回行った。

【結果】

光吸収スペクトルを図1に示す。イメージングプレートおよび加熱試料は、約500nmと600nmに幅の広いピークが観測された。しかし、未加熱試料には吸収ピークは観測されなかった。輝尽発光スペクトルを図2に示す。イメージングプレートおよび加熱試料は約400nmにピークが観測されたが、未加熱試料では輝尽発光は認められなかった。

【考察】

今回、観測された輝尽発光過程は次のように考えられる。エックス線が試料に当たり、励起された電子は伝導帯を通り Br^- イオンの空孔および F^- イオン空孔に捕らえられ、F センターを形成する。F センターの光吸収波長は、 Br^- イオンによるものが約600nm、 F^- イオンによるものが約500nm に出現することが知られている。今回測定された図1の光吸収スペクトルから各吸収極大は、それぞれの波長に相当している。次に赤色光を当てると、F センターの電子が再び伝導帯に解放され、 Eu^{2+} の励起状態を生じ輝尽発光現象が見られる。図2の輝尽発光スペクトルを見ると、イメージングプレートの発光極大は約400nm であるのに対し、加熱試料は約390nm と少し短波長に移動している。これは両試料で Eu^{2+} を取り囲む BaFBr の状態が若干異なっているためと考えられる。以上述べたように、加熱試料では F センターが形成され、輝尽発光が観測できたのに対し、未加熱試料では F センターが形成されていないため、輝尽発光も観測できないことがわかった。

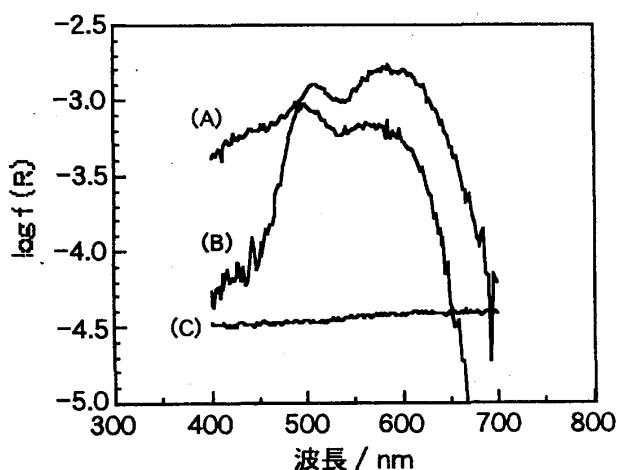


図1 光吸収スペクトル

- (A)イメージングプレート (ST-III_N)
- (B)加熱試料
- (C)未加熱試料

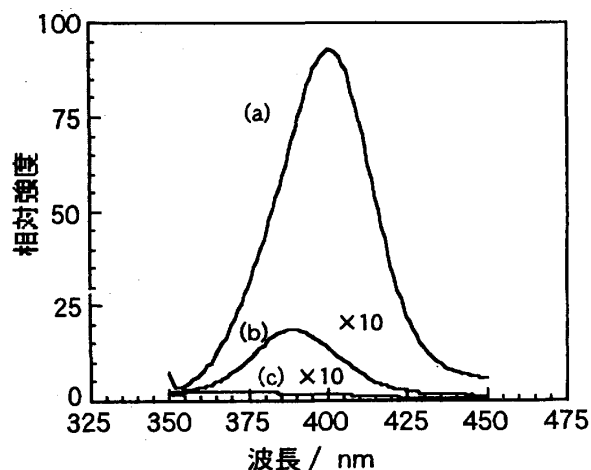


図2 輝尽発光スペクトル

- (A)イメージングプレート (ST-III_N)
- (B)加熱試料
- (C)未加熱試料

【まとめ】

合成した、 $\text{BaFBr}:\text{Eu}^{2+}$ はイメージングプレートより発光強度が低いですが、輝尽発光を確認する事ができた。しかし、未加熱試料では、F センターが形成されていないため、輝尽発光現象を起こさないことがわかった。

(指導 山本 裕右 教授)

イメージングプレートの消去特性について

835062 北川 智彦

【目的】

イメージングプレートの消去特性について630nm レーザー光、及び蛍光灯による比較を行う。

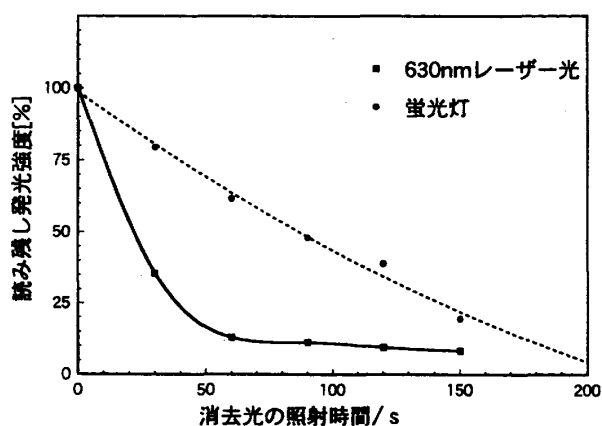
【実験方法】

X線を照射したIPを、20lx程度のHe-Neレーザー光と、同じ照度の蛍光灯を用いて消去を行い、各々消去光の照射時間を変化させたときの消去特性を調べた。

【実験結果と考察】

読み残し発光強度と消去光照射時間の関係は、図の様になった。読み残し発光強度は、IPに消去されずに残った情報を一定の読みとり条件でフィルムに出力しフィルム濃度を測定後、露光量に変換したものである。

この図から、同じ照度でも630nmレーザー光では短時間で急速に消去されるのに対して、蛍光灯では時間にほぼ比例してより



消去光照射時間を変化させたときの読み残し発光強度

20lxの照度において、630nmのみの波長域を持つHe-Neレーザー光と、広い波長域を持つ蛍光灯とを比較すると、蛍光灯の630nmの照度は、He-Neレーザー光と比較して小さい。以上のことからIPは、630nmの光(赤色の光)に対して選択的に、強く消去されることがわかった。

(指導 山本 裕右 教授)

マンモ用イメージングプレートと 一般用イメージングプレートの比較

835014 青木 由美子

【目的】

マンモ用イメージングプレート (HR-V FUJI) と一般用イメージングプレート (ST-VN FUJI) について、感度・コントラストについて管電圧の違いによる比較を行う。

【実験方法】

マンモ用 X 線発生装置 (25kV) でアクリル階段を撮影、一般用 X 線発生装置 (80kV、120kV) でアルミ階段を撮影後、その特性曲線から感度、コントラストを比較した。

【結果及び考察】

25kVにおけるマンモ用イメージングプレートの感度を1.00とすると一般用イメージングプレートの感度は1.42となった。また、80kVにおいてはマンモ用イメージングプレートの感度を1.00とすると一般用イメージングプレートの感度は2.24となり、120kVにおいてはマンモ用イメージングプレート感度を1.00とすると一般用イメージングプレートの感度は2.64となった。よって、マンモ用イメージングプレートより一般用イメージングプレートの方が高感度であった。一般用イメージングプレートはマンモ用イメージングプレートより粒子が大きいので発光量も多くなり感度が高くなると考えられる。図1にマンモ用イメージングプレートにおける管電圧の違いによる比露光量と濃度の関係

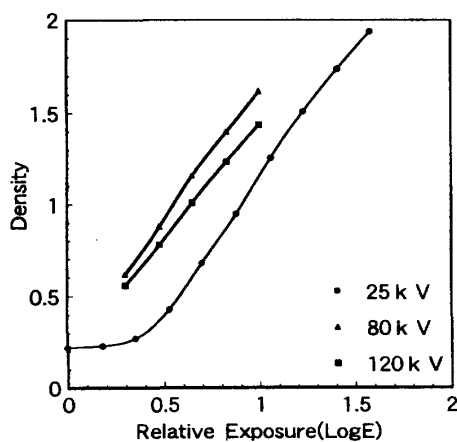


図1 マンモ用イメージングプレートにおける管電圧の違いによる比露光量と濃度の関係

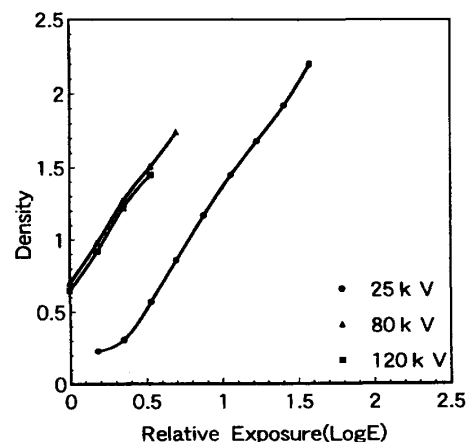


図2 一般用イメージングプレートにおける管電圧の違いによる比露光量と濃度の関係

の違いによる比露光量と濃度の関係を、図2に一般用イメージングプレートにおける管電圧の違いによる比露光量と濃度の関係を示す。25kVでは両プレート共に感度が低いが、これはイメージングプレートの吸収係数が25kVにおいて低い値をとっているためそれに比例して感度も低くなると考えられる。

(指導 山本 裕右 教授)

TLD 素子 $\text{CaSO}_4 : \text{Tm}$ の基礎特性

836002 八木 健二

【目的】

$\text{CaSO}_4 : \text{Tm}$ TLD 素子についての基礎特性の測定を行い、その適切な使用条件について検討した。

【方法】

X線を照射したTLD素子について、最大発光強度波長でのグロー曲線を描き、X線照射後から測定開始までの時間を変えた時のグロー曲線の形状変化、及び昇温速度を変えた時のグロー曲線の変化を測定した。

【結果】

発光極大波長は、346.5nm、363.5nm、453.5nmであった。図1にX線照射後から測定開始までの時間を変えた時のグロー曲線の変化を示す。X線照射後3分および2時間経過してから測定したグロー曲線を比較すると、110°C、225°C付近のピーク強度は一致するが、3分後の測定でみられる70°C付近のピークは2時間後の測定では消失しており、370°C付近では逆に強度が増しピークが現れている。図2に昇温速度の違いによるグロー曲線の変化を示す。昇温速度の速い136°C/minではグローピーク(225°C付近)より高温になってもピークは見られないが、昇温速度の遅い20°C/minでは225°Cのグローピークより高温側に小さいピークの存在していることが明らかになった。これは、昇温速度の速い場合は分離できなかったピークが、昇温速度を遅くすることによって分離されたためである。

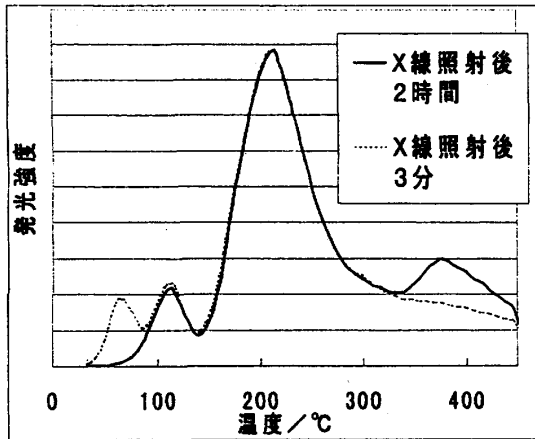


図1 X線照射後から測定開始までの時間を
変えた時のグロー曲線の変化

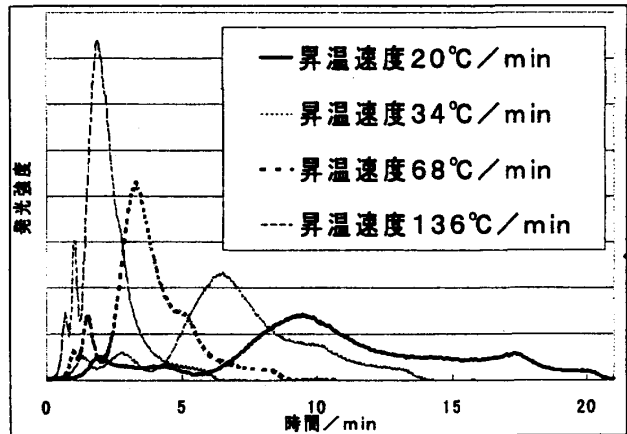


図2 昇温速度を変えた時のグロー曲線の変化

【検討及びまとめ】

グロー曲線を得る場合の測定波長は、発光強度の大きい波長に設定するべきであり、このためには熱ルミネッセンススペクトルを予め測定することが必要である。また、X線照射後から測定開始までの時間によって、グロー曲線は変化するため、その時間を統一するか、変化のみられない平衡状態になってから測定するのが望ましい。さらに、昇温速度の変化によってもグロー曲線は大きく変化するので、比較する場合には一定条件の下で測定しなければならないことがわかった。

(指導 山本 裕右 教授)