

## 増感紙、Imaging-plateを用いた一回曝射によるエネルギー差分法

長，哲二  
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

坂本，弘巳  
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

<https://doi.org/10.15017/198>

---

出版情報：九州大学医療技術短期大学部紀要. 17, pp.1-7, 1990-03-05. 九州大学医療技術短期大学部  
バージョン：  
権利関係：



# 増感紙、 Imaging-plate を用いた一回曝射によるエネルギー差分法

長 哲二,\* 坂本 弘巳\*

One-shot Energy Subtraction Radiography using Screens and Imaging Plates

Tetsuji Cho and Hiromi Sakamoto

## はじめに

一回曝射による強調画像作製の方法としてはエネルギー差分法が利用されている。この方法では二枚のX線センサーに入射するX線のエネルギーを違ったものにする必要があり、このエネルギーの差をいかに大きくするかということが問題である。

通常は二枚のセンサーの間に金属のフィルターを挿入して、後ろのセンサーに入射するX線のエネルギーを相対的に高くする方法がとられている。<sup>1)</sup>この方法では金属フィルターによるX線の吸収が大きく後ろのセンサーに入射するX線量が減少し、画質を低下させる結果になる。このX線量を増やすためには照射線量を増やせばよいが、そうすることは被検者の被曝線量を増加させる結果となり好ましいことではない。これを避けるために、K吸収端のエネルギーの異なる元素を構成元素とする二種類のセンサーを使用し前のセンサーをフィルターとして併用すること

を考えた。そのために種々の増感紙の吸収X線のエネルギースペクトル、光子吸収率の測定を行い一回曝射によるエネルギー差分法の可能性を検討してきた。<sup>2, 3)</sup>その結果から、そのなかで最も可能性のある増感紙の組合せでファントム撮影を行い、スペクトルからの可能性と写真との関連を検討した。また Imaging Plate (IP) を使用した一回曝射によるエネルギー差分法の可能性、特にフィルターの金属について検討した。

## 材料および方法

増感紙、IP の吸収X線のエネルギースペクトルの測定方法は前の報告と同じである。使用した増感紙、IP の蛍光体の化学式、K吸収端のエネルギーを表(1)に示す。撮影には Littleton の骨部ファントム (厚さ100mm) を Burgers タイプファントム (14mm) の上にのせたものを使用した。撮影にはブッキー撮影台を使用し、照

Sensor	Phosphor	K-edge (keV)
Imaging Plate ST	BaFX:Eu	37.44
Screen RE-SPECIAL	BaFCl:Eu + CaWO <sub>4</sub>	37.44
		69.53
G 4	Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb	50.24

表1. Imaging Plate, 増感紙の化学式とK-吸収端エネルギー

\*九州大学医療技術短期大学部

診療放射線技術学科

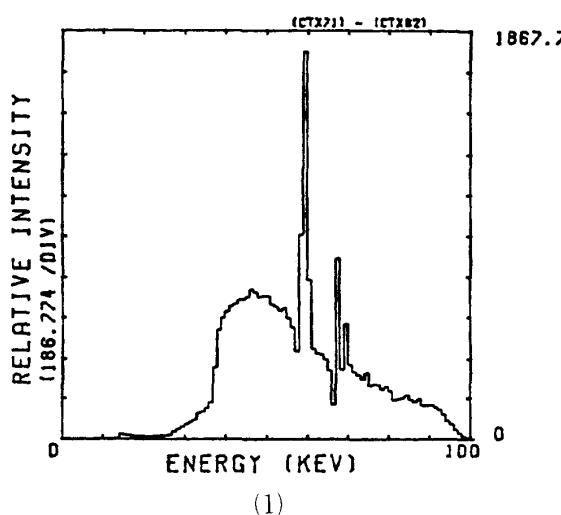
射は100kV, 100mAで行った。増感紙を使用した撮影では現像されたフィルムを医用画像ファイル装置（T D I S - F I L E - 500）でデジタル化し光ディスクに記録させて演算処理を行った。

撮影されたIPの読み取り、演算処理はF C R -101で行った。フィルターとして使用した金属板（Mo, Sn, Cd）はいずれもGoodfellow社製で

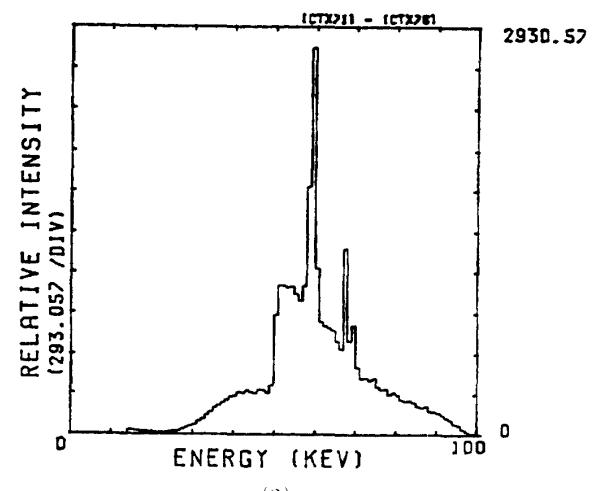
純度は99%以上である。

## 結 果

管電圧100kVのときのG 4, R E - SPECIAL (R E) 増感紙の吸収X線のエネルギースペクトルを図(1)に示す。この二枚の増感紙の組合せでG 4を前にした場合と、R Eを前にした場

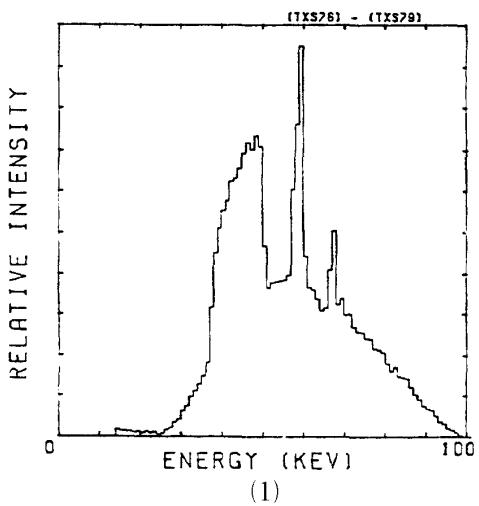


(1)

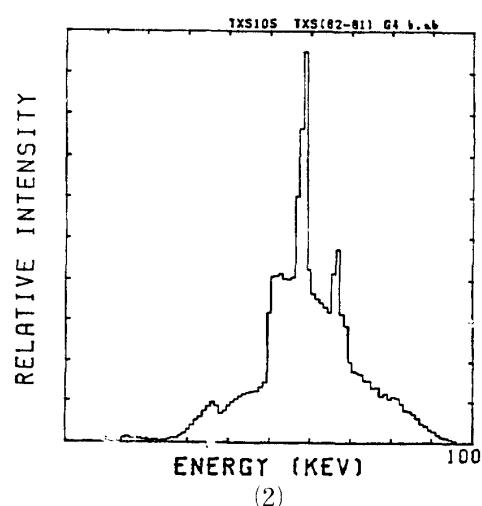


(2)

図1. R E - SPECIAL, G 4 増感紙の吸収エネルギースペクトル、1 : R E - SPECIAL 2 : G 4



(1)



(2)

図2. 後ろのR E - SPECIAL, G 4 増感紙の吸収エネルギースペクトル、1 : R E - SPECIAL 2 : G 4

合での後ろのR E, G 4の吸収エネルギースペクトルを図(2)に示す

この前後の増感紙の吸収エネルギースペクトルの差のスペクトル（差分スペクトル）を図(3)に示すが、同じ組合せででもどちらを前にす

るかによって、差分スペクトルの形が違っていることがわかる。この二つの組合せでもとめたエネルギー差分法による画像をR E, G 4 単独で撮影した画像とともに図(4)に示す。

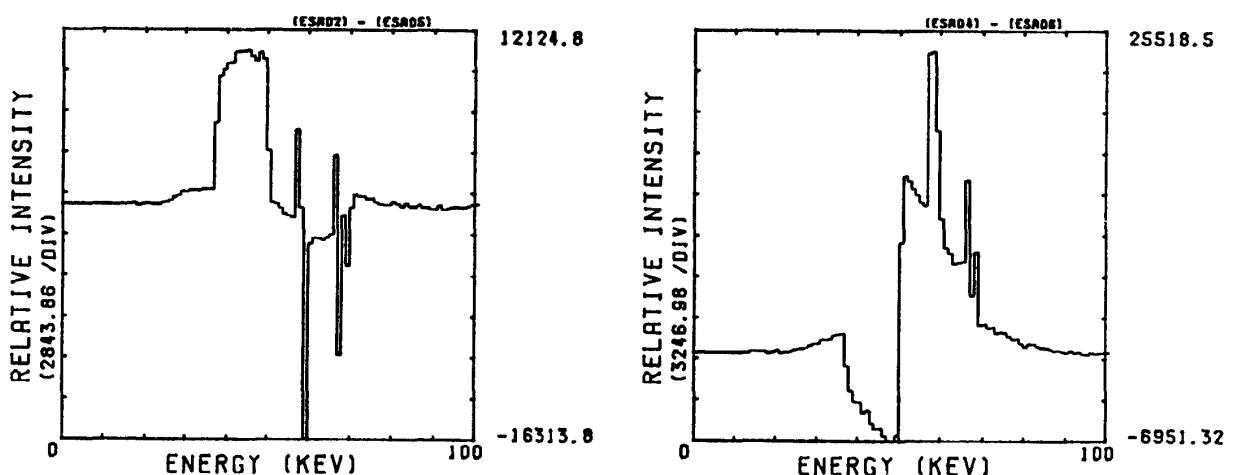
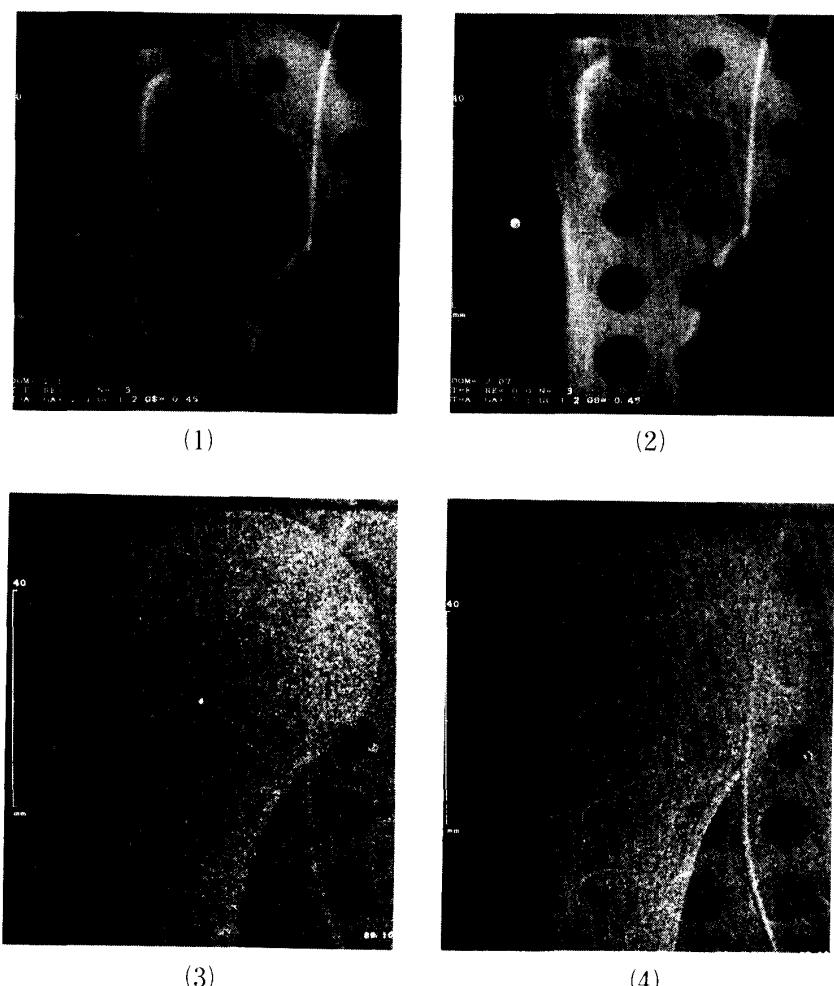


図3. 差分スペクトル、1:RE-SPECIAL前、G4後 2:G4前、RE-SPECIAL後

図4. RE-SPECIAL, G4の組合わせで得た差分画像、1:RE-SPECIAL単独  
2:G4単独 3:RE-SPECIAL前、G4後 4:G4前 RE-SPECIAL後

I Pに100kV, 80kVの管電圧で照射したときのI Pの吸収エネルギースペクトルを図(5)に示すが、管電圧が20kVも違うのに、平均の吸収エネルギーは54.7keV, 50.9keVと僅か3.8keVしか違わない。二枚のI Pの間にフィルターとして

Cu, Mo, Cd, Sn を挿入したときの、後方のI Pの平均の吸収エネルギーを表(2)に示す。このなかで前後の平均エネルギーの差が一番大きい厚さ0.1mmのMo を挿入した場合の、後方のI Pの吸収エネルギースペクトルを図(6)に示す。

Tube Voltage	First Imaging Plate (keV)	Second Imaging Plate (keV)				
		0.53 Cu	0.1 Mo	0.1 Sn	0.1 Cd	G4 ( f )
80kV	50.9	58.0	58.9	57.6		
100kV	54.7	64.3	64.9	62.2	64.0	58.9

表2. フィルターの種類と後のIPの吸収平均エネルギー

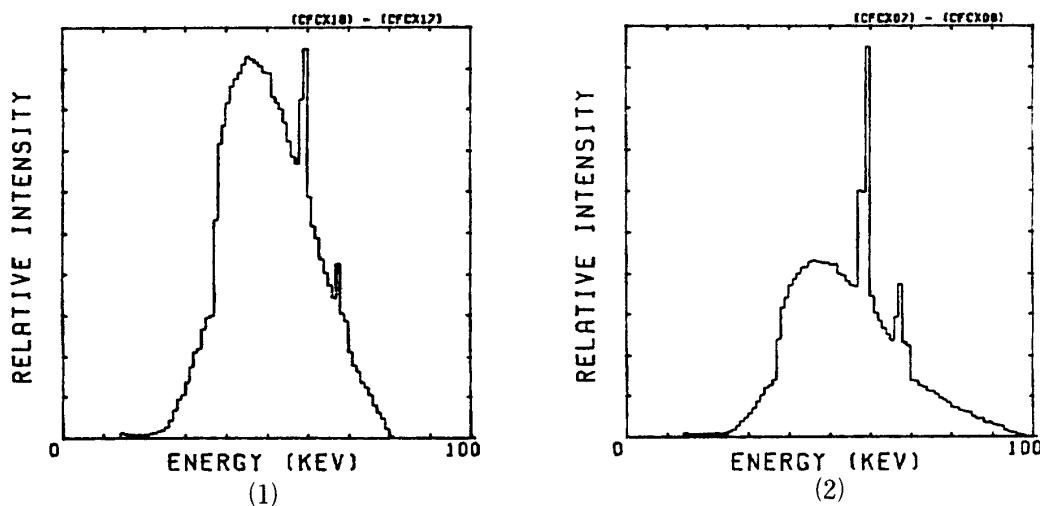
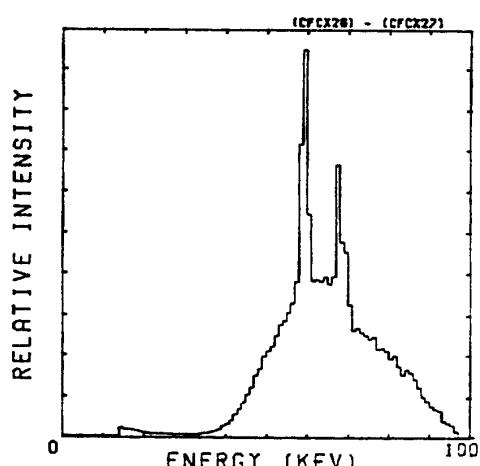
図5. 100kV, 80kVの管電圧で照射したときのIPの吸収エネルギースペクトル。  
1 : 80kV 2 : 100kV

図6. 0.1mm Mo を使用したときの後のIPの吸収エネルギースペクトル

す。図(7)に0.5mm Cu, 0.1mm Mo をフィルターとして使用したときの差分画像を示す。

## 考 察

1) 異種増感紙の組合せによるエネルギー差分法

R E, G 4 の吸収エネルギースペクトルの差分スペクトルをみると図(3)からわかるように増感紙の前後の組合せによって形が変化し、R Eを前、G 4 を後に使用するとR Eでは43.5keV, G 4 では57.9keVを中心としたエネルギーの光子による情報が強調されることが期待される。逆にG 4 を前、R E を後に使用した場合はR E

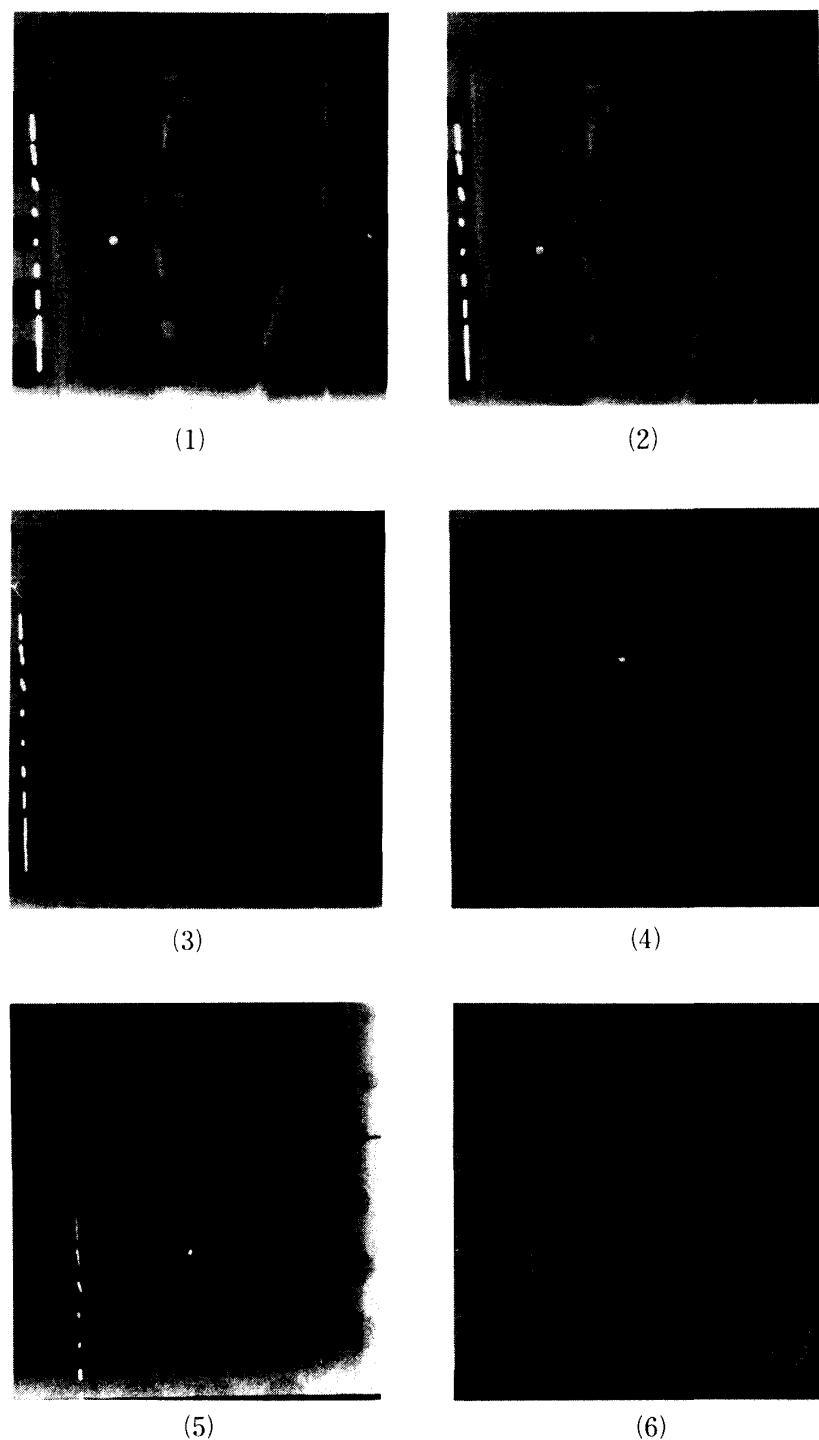


図7. 0.5mm Cu, 0.1mm Mo をフィルターとして使用したときの差分画像 1 : 前の I P  
画像 2 : 0.5mm を使用したときの後の I P の画像、3, 4 : 0.5mm Cu を使用した  
ときの差分画像、5, 6 : 0.1mm Mo を使用したときの差分画像

では44.1keV, G 4 では59.8keVを中心としたエネルギーの光子による情報が強調されるが、G dのK-吸収端(50.2keV)界として差分スペクトルは不連続的に変化し、正負のピークの位

置が同じエネルギーとなる。これはG 4、R Eとも同じエネルギーの光子による情報を多く持っていることを意味する。そこでこの組合わせは差分法に利用するのには不適当である。

これはファントムを撮影した結果をみればよく分かる。前者の組合せでは気泡の消去が可能であるが、後者の組合せでは差分の効果がほとんど認められない。このように平均エネルギーでは両者の差はないが吸収エネルギースペクトルの差分スペクトルをみると、差分効果の有無の推測ができる。

それで差分スペクトルという新しい方法は差分法の可能性を検討するのには有用な方法といえる。

このような推測はエネルギースペクトルからではなく光子吸収率からでもおおよそのことは出来る。G 4、R E の光子吸収率をみると R E は 37.4~50.2keV、G 4 では、50.2~69.5keV 間の光子に対して相対的に大きな光子吸収率をします。このことから差分効果が期待できるかどうかの見当をつけることは可能である。しかし最終的にはスペクトルの検討が必要である。増感紙の組合せは K-吸収端のエネルギーが低い増感紙を前、高いほうを後に使用すればよい。

今回の実験では後の増感紙に G 4 を使用したので後のフィルムの濃度が前のフィルムの 50% であったが、G 8 を使用することにより濃度差がより小さくなり、画像処理、被曝線量の面で良い効果が期待できる。

写真では厚さ 10cm のファントムの中の 10mm の気泡を消去できたので腸間ガスの消去も可能であろう。

## 2) Imaging Plate によるエネルギー差分法

I P は構成元素の違ったものではなく厚さの違うものしかない、構成元素が同じであるため K-吸収端のエネルギーがまったく同じになり、吸収エネルギースペクトルの最頻エネルギーがほぼ同じとなる。そのため平均エネルギーが大きく変化しない。これは図(5)に示すように管電圧が 20kV 違っても平均の吸収エネルギーもスペクトルの形もあまり違わないことからも良くわかる。それで二回曝射によるエネルギー差分法を行うにしても管電圧を大きく変えることが必要である。<sup>4)</sup>

そのために、一回曝射でのエネルギー差分法

を行うためにはどうしても金属のフィルターを必要とする。現在はフィルターとして Cu がおおく用いられているが、Cu の K-吸収端のエネルギーは 8.98keV<sup>5)</sup>であり利用 X 線のエネルギー範囲には吸収端はなく、厚みによる吸収を利用するものでその吸収は連続的で低いエネルギーの光子ほど多く吸収される。

そのため 30keV 以上の光子を吸収させるのにはフィルターが必然的に厚くなり、散乱線が増加する。それでより薄くて 30keV 以上の光子を効率良く吸収させるのには 20~30keV に K-吸収端をもつ金属を利用すればよい。いくつかの金属をフィルターとして使用した場合の、後の I P の吸収エネルギーの平均値を表(2)に示してあるが、これから 0.1mm Mo が 0.53mm Cu と同じ線質の変化が期待できる。さらに後ろの I P が吸収したエネルギー量を比較すると、前の I P のエネルギー量を 1.0 とすると 0.1mm Mo が 0.36、0.53mm Cu が 0.20 となりこの点でも Mo フィルターが有利である。

Mo の厚みをさらに厚くして 0.4mm とすると平均エネルギーは 68.9keV となり線質の変化は大きくなるが、吸収したエネルギー量は 0.23 となる。そこで 0.1mm Mo をフィルターとして使用したエネルギー差分法を前述のファントムを用いて試みたが、良好な結果を得ることができた。

写真では Cu と比較して Mo の方が優れてはいないが、通常使用されている Cu の 1/10~1/5 の厚さで同じ差分効果を得られるのであれば、薄いフィルターのほうが良い鮮鋭度の写真が期待できる。

増感紙を使用した場合と Imaging Plate を使用した場合との差分画像を比較すると明らかに Imaging Plate のほうが優れている。これは、増感紙を使用した場合は現像されたフィルムをデジタル化して演算させるため、最初からデジタル量をよみとる Imaging Plate とは手順、演算方法が異なり、この違いが処理画像に影響していると思われる。この点は今後検討する必要がある。

### ま と め

- 1) 吸収エネルギースペクトルの差分スペクトルという新しい方法が増感紙を使用したエネルギー差分法の可能性を検討するのに有用な方法であることがわかった。
- 2) Imaging Plate による一回曝射でのエネルギー差分法のフィルターとしては Cu よりも Mo のほうが優れていることが吸収エネルギースペクトルからわかった。

### 謝 辞

写真の処理に御協力戴いた九州大学医学部附属病院、放射線部の梅津芳幸、中村泰彦、小川和久の各氏に深く感謝致します。

(本文の一部は第2回九大放射光シンポジウム、第40回日本放射線技術学会九州部会で発表した。)

### 参 考 文 献

- 1) 高尾義人：同時曝射撮影によるエネルギーサブトラクションの基礎的研究・映像情報(M), 16, 1105-1108, 1984.
- 2) 長哲二, 坂本弘巳, 丸石博文 : 異種増感紙の組合せによるエネルギー差分法の可能性について, 医短大記要, 14, 7-13, 1987.
- 3) 坂本弘巳, 長哲二 : 増感紙の光子吸収率の測定, 医短大記要, 15, 13-17, 1989.
- 4) 西谷弘、松浦啓一 : コンデンサ式X線発生装置とFCRを用いた Dual-energy projection radiography における撮影条件の設定、日医放誌, 47, 644-650, 1987.
- 5) Isigaki, T., Sakuma, S., Horikawa, Y., et al: One-shot Dual-energy Subtraction Imaging, Radiol. 161, 271-273, 1986.