〔第30回総会シンポジウム〕

X線検査時の患者被曝線量の軽減について

広島大学原爆放射線能医学研究所

砂 屋 敷 忠

REDUCTION OF PATIENT RADIATION DOSE FROM
DIAGNOSTIC RADIOGRAPHY

By TADASHI SUNAYASHIKI

Department of Radiation Biology, Research
Institute for Nuclear Medicine and
Biology, Hiroshima University

Summary

This report dealt with the technical factors to reduce the patient exposure from diagnostic x-ray examination.

According to hospital survey, there were possibilities of dose reduction by the use of high kVp technique, limitation of field size and the improvement of recording systems including film and intensifying screen. The further dose reduction can be achieved by the introduction of x-ray TV as recording system.

The careful attention should be given to foetal and children examinations which contribute significantly to gonad dose.

It was suggested that the proper work load for radiological technician and daily care of x-ray unit and technique to ensure the best radiographic quality were necessary for minimum patient exposure.

1. 緒 言

国民の医療水準が向上すると共にX線検査の量と検査内容が着実に増大して来た。これによって被曝線量レベルが高くなり、人工放射源による被曝に占める医療用放射線の割合が大きくなることから、被曝低減が国際的に提唱¹⁾³⁴⁾され、同時に利益と損失の評価がなされてきた。

わが国においても早くからこの問題がとりあげられ、特に技術学会内^{2)~6)}においても胸部集団検診や小児の股関節撮影時の生殖腺防護、胎児撮影時の被曝低減などについて検討されて来た。1973年本会総会シンポジウムでは、X線検査時の患者被曝の軽減をとりあげ、診断価値を低下させることなく、被曝線量を低減するための積極

的な提案がなされた^{7)~10)}。

本報告は、X線撮影時における被曝低減の技術的手法について2・3の調査・実施をおこない、日常実的な面で考慮すべき諸点の検討を試みた。

2. 調査および実験方法

被曝低減の技術的方法のうち最も導入しやすい部分を知るために、撮影条件の調査をおこない1965年に行われた胎児撮影に関する調査¹¹⁾と比較した。次に照射野について絞器の精度を、画像処理に関して自動現像機の性能を各施設について比較し、また再撮影の誘因と頻度を検討するための調査をおこなった。

調査は広島市および近郊の放射線技師の勤務する病院

X線検査時の患者被曝線量の軽減について (砂屋敷)

(14)についておこない、再撮影については広島県下の病院(29)についてアンケート調査をおこなった。絞り器および自現機の調査はそれぞれの施設を訪問して、照射あるいは現像処理をおこなった。これらは日常の業務と同一条件でおこなうのを原則とした。また記録系の改善策を検討するためにX線テレビによる録画像の検討を付加した。これらの調査および実験の方法の詳細は調査または実験結果と結びつけて、それぞれの項に記述した。

3. 結 果

3-1 撮影電圧の推移と被曝線量

X線撮影にもちいられるX線管電圧は、被曝線量を減少させる因子として比重が大きい。広島市および近郊の病院で、被曝線量の低減が問題とされるようになった頃と現在とで、撮影電圧がどのように変わって来たかを調査した。

胎児撮影(グースマン氏法)の場合を調査したが、この撮影は感受性の高い胎児が全身被曝を受けるし、母体の生殖腺が線束内にあり、かつ将来も生殖可能年齢でありうることから被曝線量に払われる関心も大きいと思われる。一方、画質の面からは極端に厚い部位に吸吸差の少ない胎児を撮影目的とする点で、画像上の難かしい問題があり、撮影条件を変えて画質を変えることは好まれない撮影といえる。

Tab. 1. 1965, 1973年の撮影条件(胎児撮影グースマン氏法)と被曝線量の変化

年次	撮影電圧(kVp)		照射量(mAs)		生殖腺被曝量(mrad/撮影)	
	範 囲	平均	範 囲	平均	母体	胎児
1965	60~90	74	100~300	180	110	1,100
1973	70~105	82	10~200	90	46	400

1965年の調査は安徳ら¹¹⁾によってすでに報告されたが今回もこれとほぼ同じ病院について調査した。Fig.1に胎児35~40週の撮影に採用されている電圧、電流をそれぞれ5kVp, 50mAs間隔に病院数で示した。電圧では1973年がより高い電圧に分布し、電流・時間で表わした照射量(mAs)は低い値に分布している。Tab.1に調査した電圧、照射量の平均値と母体および胎児の被曝線量の推定値を示した。線量の推定はガラス線量計で測定されたもの¹¹⁾をもちいた。

撮影電圧は両調査の間8年に平均で8kVp上昇しており、照射量は1/2になっている。これは撮影条件を電圧・電流・時間で変更する場合の変化に等しいことから、

Fig. 1 胎児撮影条件の変化(1965, 1973年の比較)グースマン法による

この間に記録系はほとんど変えられていないといえる。しかし、調査から記録系の高感度型採用が2病院でなされ、全般的にはこれから高感度型への移行を準備している段階であることが示された。

被曝線量は母体・胎児共に生殖腺線量で1965年に比べてほぼ1/2に低下している。

3-2 X線照射野

被曝線量の上から照射野の寄与は大きく、この点から多重絞りの精度について多くの調査、検討がなされているが^{7)12)~18)}、画像の面でも重要であり⁵⁾必要以上の照射野は問題である。

撮影が絞り器の光指示によってなされていることから光指示とX線照射野との関係に注目し、Fig.2に示すような方法をもち照射野の精度と共に中心線の精度についても測定した。フィルムと同じ大きさ(大四つ切)のアクリライト板(点線)に実線で示した20×30cmの大

Fig. 2 絞り器の試験法¹⁹⁾

きさに鉛線を、中央に十字を鉛線で付して、カセットに密着させ、それより20cm X線管側に、10×10cmの大きさに鉛線を付した同じ大きさの亚克力板を固定した試験用具を作製した。絞り器の光中心を十字に合せ、同時に上方10×10cmの中央に一致するようにX線管を調整し、照射野を下面20×30cmの鉛線に一致させる。光指示が鉛線に一致しないときは差を測定し記録しておく、フィルムを計測する際補正する。この方法はベータトロン電子線の実効焦点位置の推定にもちいられているもので¹⁹⁾、撮影でえられたフィルムの計測からFig.2に示した式から中心線の位置も求められる。

Fig. 3 絞り器の光学指示に対するX線照射野のずれ

Tab. 2. 絞り器の光学指示とX線照射野・線束のずれ

光学指示とX線照射野のずれ				光学中心とX線中心のずれ		
0.5cm以下	0.5~1cm	1~2cm	2cm以上	1cm以内	1~2cm	2cm以上
30%	36%	25%	9%	64%	21%	14%

光指示の照射野とX線照射野について14台の多重絞り器の測定結果をFig.3に示した。光学的照射野に対しX線照射野の違いを度数分布で示したが、Tab.2のように約70%は±1cm以内の違いであった。X線管の陽極陰極方向および左右方向での特異性はみられなかった。

光指示の中心がX線束中心と一致しているかどうかの調査は、X線焦点と光指示の焦点の位置が2cm以内ずれているものが85%であった。ただし、実際の撮影条件ではフィルム面がX線管には平行であるが、絞り器の外縁に対してある角度をもつ場合が考えられる。

3-3 自動現像機の特性

自動現像機が普及し、規格化された写真が供給されるようになってきたが、短時間処理への傾向が大きく、90秒処理が多く採用されようとしている。このようなことから処理時間の違いによって写真特性が異なって来るこ

とも考えられる。この点について検討する目的で、タンク現像2台およびさくら自動現像機の各種のタイプ12台について、汎用型フィルムを同一露出して、各々の現像機で処理して比較した。この場合Fig.4のような方法でフィルムおよび増感紙の上に水ファントムをおき亚克力製の空気階段およびアルミ階段による黒化度の比較をおこなった。結果をFig.5に示した。タンク5分、自現機3.5分、1.5分それぞれの平均をまとめてFig.6に示したが、現像時間別には大きい違いはみられないが、Fig.5のように個々の現像機での差はかなりみられる。

Fig. 4 現像処理の違いによる特性の試験方法

Fig. 5 現像機別の黒化度特性

X線検査時の患者被曝線量の軽減について (砂屋敷)

Fig. 6 処理方法別の平均黒化度特性

この差を同一黒化度についてみれば、ファントム厚さ 2cm程度、照射量に換算して30%程度の違いと考えられる。

一方、画質の面からの検討を MTF (Modulation Transfer Function) から計算されたレスポンス 関数の結果をFig.7,8に示した。MTFは黒化度の比較にもちいたファントムの空気階段下に鉛スリット (17 μ m) を、カセットに密着し撮影したものからとめた。空気層 2 cm下 (水 8 cm 厚さ) のスリット像で比較したが、黒化

Fig. 7 現像機別の MTF 比較

Fig. 8 処理方法別の MTF 比較

度依存性をみるために空気層 4 cm 下のものでも測定してみても、この実験の範囲では大きい違いはなかった。黒化度の場合と同様に現像時間別の差は小さくなく、個々の装置での差がみられる。

3-4 再撮影の調査

再撮影は 2~3% 程度であることから被曝線量への寄与はあまり大きくないと考えられるが、個々の撮影にとっては 2 倍の被曝となる。広島県下の複数の診療科を有する病院を調査の対象とし、一部単科の病院を含め 29 病院について、昭和 48 年 7 月から 12 月までの 6 カ月間を調査の期間とした。

作業量と再撮影率について Fig.9 に結果をまとめて示した。再撮影率と診療科数、技師の平均経験年数、装置の台数、補助者数等との相関も求めたが、明らかな関係はみられなかった。図から技師 1 人当りの 1 日撮影数 30 枚程度まででいくらか再撮影率の低下がみられる一般病院と、撮影数が多く再撮影率の高い多診療科大病院、撮影数が多いが再撮影率の少ない胃腸科系に重点をおいた専門病院の 3 グループに特徴づけられる。このことを

Fig. 9 再撮影率と作業量の関係 (6カ月間の平均と標準偏差)

Tab. 3. 再撮影率, 作業量からみた病院のタイプ

タイプ	病院数	再撮影率 (%)	枚数/日/技師	技師数	経年数*	診療科数	放射線医
大型病院	6	3.0 ± 0.5	46 ± 8	5.3	13.9	12	50%
一般病院	10	1.3 ± 0.4	28 ± 8	4.5	14.5	10	30
胃腸科系病院	5	0.9 ± 0.3	65 ± 6	4.2	12.6	10	20
全調査**	29	1.5 ± 1.1	43 ± 20	4.0	13.8	9	31

*25年まで5年間隔でそれ以上は27.5年とした。

**タイプ分けで明確に区分できないもの8病院を加えた全調査の平均。

Tab.3 にまとめて示した。

3-5 TV モニタ画像録画

被曝線量の面から種々の低減方法が採られているが, 特殊な部位で大幅な低減を図るとすれば現状ではTV モニタ画像の記録法が優れている。またTV 画像はエレクトロニクス回路を介していることから画質的にも従来の記録法のもたない特長があり, 新しい応用の分野が期待される。

Fig. 10 記録方法の違いによる描出範囲試験方法

観察用のTV モニタ面をポラロイドカメラで接写する方法で Fig. 10 に示すような水階段中に10mm および5mm サイズのアクリライトチャートをつけて撮影し, 描出の違いをみた。

もちいた装置はライトインテンシファイア (I.I.) とアイソコンをもちいたX線テレビ²⁰⁾と, イメージンシファイア (I.I.) とビジコンをもちいたもの及び直接撮影で, I.I.+アイソコンをもちいたもの以外は水厚さ2cm 差までのアクリライトチャートを描出したが, I.I.+アイソコンは4cm 差までのアクリライトチャートの識別が可能であった。Photo.1 にこの装置での肩のX線像を示した。

被曝線量の測定の結果は Tab.4 に示したが水ファントーム12cm の表面における線量 (mrad/sec) で, X線

photo. 1 I.I.+アイソコンによる撮影

Tab. 4. I.I.+アイソコンのモニタ撮影時の被曝線量, 水ファントーム12cm の表面の線量 (mrad/秒)

電圧 (kVp)		60	80	100
電 流 (mA)	0.8	5.6	13.4	25.8
	0.3	2.7	6.6	14.0
—撮影 1/15~1/30秒 (ポラロイド撮影)(μ rad)				
0.3mA		90	220	470

焦点からほぼ80cmの距離でポケット線量計によって測定されたものである。撮影はモニタ画像の走査線の関係で1/15~1/30秒の時間が必要で, 60kVpで1/30秒撮影は90 μ rad 程度であった。

4. 考 察

4-1 低減の目標

被曝線量低減について目標を示して, これに対する技術的手法を考えることは, 実地的な具体策を求めるために有意義である。医療被曝が職業上の被曝に係わる最大許容被曝線量の域外にあることから, それが国民線量に寄与する割合またはその線量限度を厳密に規定することは簡単ではないが, K.Z.Morgan によると, 診断用被曝における遺伝有意線量を当面40mrem とし, 努力目標として5 mremを示した²¹⁾。わが国では1969年の調査²⁴⁾でX線検査による国民遺伝有意線量を26.5mremと報告されている。1974年橋詰は日本における目標を10mrem と現状の1/3にするよう提唱した²²⁾。これらは透視および診断を含む診断用被曝が対象とされている。

本報告では, 診断用撮影についてのみ考察するが, 撮影数の今後の増加とも合せて考えることとする。撮影数

X線検査時の患者被曝線量の軽減について (砂屋敷)

はICRPによると²³⁾, 医療の先進国では年間の増加率を5~15%と見積っているが, 日本における1960年と1971年の調査²⁴⁾ではほぼ20%の増加率がみられる。広島市における撮影の調査が竹下ら²⁵⁾によって報告され, これからみると1966年頃からの増加率は一定し, 23%程度と見られる。これらのことから今後のわが国における年間増加率は15~25%程度と見積って大きなあやまりはないと考えられる。これは3~5年で撮影数が2倍となることを示しており, 現状の被曝線量を増加させないためには3年間のうちに個々の撮影で生殖腺線量を1/2にするか遺伝有意線量に対する寄与の大きい撮影²⁴⁾³⁴⁾に対する被曝線量の大幅な低減を考える必要がある。

4-2 低減のための技術的手法

診断目的にあった画質を維持しながら被曝線量の低減をはかるために, どのような技術的な手法を採用するかは重要な問題である。

撮影条件調査から, まず撮影電圧がより高い値を採用されており, 続いて記録系の変更が考慮されていることがうかがわれた。撮影電圧を上昇することによって被曝線量の低下は, 問題とする場所が線束内であるか否かによってかなり異って来るが, 一般的に容易な方法であるといえる。

線束内にあるときは本報告の撮影条件調査やICRPの刊行物その他多くの報告からも明らかなように非常に有効な手法で, Tab.5 に示したように60kVpから80kVpに変更すれば6~7割の線量で撮影できると期待されるが, 線束外にあるときはEppら²⁶⁾安徳ら²⁸⁾のデータからの計算で, 生殖腺線量の低下はあまり望めない。もち論, 線束外の生殖腺被曝線量は線束内にあるときに比較して低いことは当然である。骨髄線量については電圧の上昇にともない低下することは, 生殖腺が線束内にあるとき

Tab. 5. 60kVp から 80kVp に撮影電圧を変化したときの被曝線量の変化. 60kVp を1.0として, 胸部正面撮影のEpp et al 及びAntoku et al のデータから計算

照射野と生殖腺の位置関係	骨髄線量	生殖腺	
		男	女
生殖腺が線束外にあるとき	ほぼ0.50	0.8~1.1	1.0~1.3
卵巣が線束の半影にあるとき	ほぼ0.55	0.6~0.8	0.7~0.9
卵巣が線束内にあるとき	—	0.6~0.8	0.6~0.7
ICRP Publication 16 から			
生殖腺が線束内にあるとき		0.6	0.9

と同様であるが線束内の各部に問題とする場所(赤色骨髄)が存在することから低下率は小さい。

画質の面からは, 特にMTFによる評価で一般に高い電圧の方が情報量が多いといわれているが, 現状の情報処理の方法から考えて撮影電圧は, 撮影部位に応じて適当な範囲があるものと思われ, この範囲内でより高い電圧を選択することが必要である。

照射野は固定照射筒もかなり使用されているが, 可変絞りに変りつつあることは被曝低減の上からも, 画質の面からも望ましい。今回の調査からは絞り器の精度が大きな問題となる程, 悪いものはみられなかった。Essen-burg がカナダで133個の絞り器について調査した結果, 12%はNCRPが勧告した適合条件に調整不能であったと報告²⁹⁾しており, 仙貫⁷⁾, 北畠¹⁰⁾らも現状で2cm以上光指示と異っているものを10~20%と報告している。われわれの調査も台数を多くしてゆけば, 欠陥のあるもの, 調整不能なものに出合ったと思われるが, 個々の使用者の調整や製品の改善がいくらか認められる結果であった。

線量の点からは照射野辺縁から生殖腺までの距離2cmの違いで散乱線量はほぼ2倍近く見込まれること⁵⁾^{30)~33)}, 生殖腺がごく近い場合は半影内に入るか, 線束内に入るかで線量に大きな違いが生ずる結果となり照射野の設定に細心の注意を要する。特に精度が不十分であることから, 使用にあたって広めの照射野がとられる傾向にある³⁴⁾が, 光指示とX線束がよく一致し, 再現性の高い絞り器で半影および焦点外X線の除去の能率のよいものが必要である。この報告で用いた絞り器検査法は比較的操作が簡単でもあり, 各施設で積極的に採り入れて貰いたいものである。

現像処理の過程でフィルムの情報量がそこなわれることがあってはならないが, 調査の結果では現像時間別よりも同一タイプでも個々の装置のあいだで違いが大きかったことから, フィルムと指定された処理剤との組合せや日常的な点検管理をなおざりにしないことで, 特に問題となることはないと考えられる。情報量の点から, MTFの比較をおこなったが, MTF法では自動現像機を用いた像の測定にあたって, 写真効果が忠実に反映されないという問題(「像のやせ」の大小等)があり, 従ってこの比較は適当でないという報告³⁵⁾もある。しかし同一メーカーのフィルムと自動現像機の組合せでは, 黒化度特性の比較と同様に現像時間を異にするタイプの違いよりも自動現像機の管理の仕方によって差が生ずるような結果がえられた。ここでフィルムおよび自動現像機を一社製に固定したのは, 黒化度およびMTFによる画像の

相互比較を単純な系でおこなうためのものであった。この調査から設置された自動現像機の性能が十分発揮できるためには、補助設備（温度・水量・電力・スペース）の充実と同時に管理の重要性があげられる。

4-3 被曝低減のための重要対象

X線撮影の種々な対象でまず若年者の撮影について重点的な被曝低減をとりあげる必要がある³⁶⁾³⁷⁾。若年者の定義を広くして、胎児期、新生児から就学までの幼児期それ以後成人に達するまでの時期に分けてみても、それぞれに問題となる撮影部位も、撮影条件も大きく異なる。胎児期においては放射線生物学上多くの問題を含み、胎齢その他検査を行う諸要素について予め十分検討することが重要である³⁸⁾。

撮影条件調査、絞リ器調査からも推察できるように画質的にも、撮影体位や固定が若年者の場合成人に比して困難な因子が多く、被曝線量低減への条件変更が遅れやすい。照射野に関しても成人よりも更に大きく選ばれやすい。このように個々の撮影で被曝線量レベルが高くなると同時に、今後の医療被曝の機会にはさらに多くなることが考えられる。子供期待数も大きく国民遺伝有意線量への寄与が大きいので、被曝線量低減への種々の技術的手法をこのグループに適用することが必要である。

4-4 診断目的別の撮影条件の選択

被曝線量と画質の関係は今後の撮影の諸条件の変更を必要とするが、現状では特に生殖腺を含む撮影対象について撮影電圧の範囲を再検討する必要がある。次にフィルム・増感紙の選択を撮影対象別にできるようにすること、一部の撮影対象については、現像処理を広範囲型にするような画質の変更によって情報量の増加をはかれば撮影回数の低下で被曝線量の低減も考えられる³⁹⁾⁴⁰⁾。このような考えから大幅に被曝線量の低減を必要とする対象、例えば胎児・乳幼児の撮影および連続撮影に関してTVモニタの録画方式は非常に有効で、被曝線量低減と同時に従来の考えにとらわれない診断目的に沿う種々の画質が考慮されてよいであろう。X線TVの記録系の改善はこれらのことから有意義である。

4-5 作業量の適正化

再撮影調査から再撮影の被曝線量への寄与⁴¹⁾は、全体的にみてそれほど高いものとは考えられない。しかし一般撮影の作業量が1日30枚をこえると再撮影の増加の傾向がみられることから、防護に対する配慮も低下することが推察され²³⁾、被曝低減への完全な技術的手法をもちいることが困難になって来るものと考えられる。人員の適正な配置と作業空間の機能的設計もしくは改造等が最も望まれる。

4-6 撮影技術の再点検

現状の技術を再検討して被曝線量低減への方法を企てることは重要なステップである。すなわちただ一つの手法で目的が達せられるものでないことから、総合的な対策が必要である。Tab. 6に生殖腺被曝線量の大きさ別の撮影対象で検討すべき項目を示した。ここで画質の向上で余分な撮影を少なくしてゆくことが被曝線量の低下につながる⁴⁰⁾ということは大切で、この点も合わせて考える必要がある。

生殖線量の低減を考えれば、一般には他の問題となる臓器についての被曝線量も低下することが考えられるが例えば胸部撮影のような場合⁴²⁾は骨髓線量についての配慮が必要であり、全撮影対象を通じて容積線量の低下⁴³⁾に着目することも肝要である。

Tab. 6. 被曝線量と画質を考慮した点検事項

項 目	生 殖 腺 線 量		
	高被曝群	中 被 曝 群	低被曝群
撮影電圧	10kVp 程度の上昇		
フィルタ	2〜4mmAl は必要 特に単相の装置		
撮影距離	1m 以内は問題がある		
電流・時間	短時間・大電流撮影		
陽極効果	X線管陽極側が線量が少ない		
照 射 野	生殖腺防護 補償フィルタの採用	照射野のわずかな違いで生殖腺が線量内に入る	撮影体位で線量と生殖腺が近づくことがある
グリッド	適正な利用	不必要な使用や高格子比の使用は問題	
フィルム増感紙	高感度型へ	撮影目的によって高感度低周波型増感紙や高感度フィルムの使用	
写真処理	フィルムの情報を最大限とりだす方法		
機材管理	装置・絞り器等の日常管理システム確立		
技術管理	科学的撮影と記録		
そ の 他	胸部撮影では骨髓線量が問題。撮影対象が多い。防護が必要。		
	生殖腺、骨髓のみならず他の器官の全ての撮影対象で被曝軽減と画質向上が必要。		

X線検査時の患者被曝線量の軽減について (砂屋敷)

5 結 論

X線撮影時の被曝線量低減について、技術段階での手法について検討した。10年来の技術的な検討がなされている結果を総合的に有効に利用すれば、低減目標を達成できる方法はこのことされており、更に大幅な低減の方法も開発可能である。このことから被曝線量低減への今後の成果は十分期待できるといえる。

謝辞 稿を終るに当たり報告の機会を与えていただいた阿部二夫学会長、ご指導賜りました座長の石坂正綱氏に感謝いたします。終始ご指導とご援助賜りました当研究所竹下健児教授、安德重敏助教授始め教室の皆様には心から感謝申し上げます。また広島大学医学部附属病院の土井信一格技師長始め技師の皆様には実験・討論を通じて多くの協力をいただきました。MTFの計算について大阪大学速水昭宗氏のご教授をいただきました。記して深謝申し上げます。

文 献

- 1) ICRP Publ. 16 X線診断における患者の防護。日本アイソトープ協会, 1972.
- 2) 近藤民雄: 患者の被曝線量の軽減。日放技学会誌, 14, 67, 1958.
- 3) 広住治夫: 診察時における被曝線量, 被検者の被曝。日放技学会誌, 16, 150-169, 1961.
- 4) 熊谷定義: 被検者被曝線量の減少と関係諸因子について, 日放技学会誌 17, 64-74, 1961.
- 5) 中村実: X線撮影における被検者の被曝量減少に関する基礎的研究, 日放技学会誌, 17, 79-83, 138-142, 209-216, 18, 1-6, 1961-1962.
- 6) 佐藤大令: X線撮影時にフィルムに及ぼす散乱線の影響について, 日放技学会誌, 17, 186-207, 1962.
- 7) 仙貫忠夫: X線検査時の患者被曝線量の軽減についてI, 日放技学会誌, 29, 220-227, 1973.
- 8) 後藤勝正: X線検査時の患者被曝線量の軽減についてII, 日放技学会誌, 29, 228-236, 1973.
- 9) 宮下五郎: X線検査時の患者被曝線量の軽減についてIII, 日放技学会誌, 29, 237-249, 1973.
- 10) 北畠隆: 医療被曝軽減の問題点。日放技学会誌. 29 250-255, 1973.
- 11) 安德重敏, 砂屋敷忠, 吉永春馬, 田淵昭, 中川繁: 螢光ガラス板線量計による胎児撮影時の被曝線量の測定, 日医放誌, 25, 50-57, 1966.
- 12) 中村 実: X線写真の画質におよぼす因子の研究, 日放技学会誌, 20, 243-290, 1965.
- 13) 小村良昭: 多重絞りの漏洩線量の測定, 日放技学会誌, 24, 118, 1968.
- 14) 木村正一, 真壁宗一: 多重絞りの性能について, 日放技学会誌, 28, 106, 1972.
- 15) 木村正一, 金友高史: 多重絞りの性能について, 日放技学会誌, 28, 107, 1972.
- 16) 山本喜代志: 多重絞り羽根の位置ともれX線の関係, 日放技学会誌, 28, 107, 1972.
- 17) 段床嘉晴, 山下一也, 森 嘉信, 花山正行, 小水満, 中村幸夫, 坂下善治, 川越康充, 木元治幸: 欠陥のある多重絞り器について, 日放技学会誌, 29, 140, 1973.
- 18) 沢田武司, 堀部紀夫, 長縄治郎: 多軌道断層装置の応用について, 日放技学会誌, 29, 343-355, 1973.
- 19) ICRP Report 21: Radiation Dosimetry, Electrons with Initial Energies Between 1 to 50 MeV. 1972
- 20) 上総中童: NEC 最近のX線テレビシステムについて, 映像情報, 5, 70-72, 1973.
- 21) Morgan, K. Z.: Why the 1968 act for radiation control for health and safety is required. Radiology, 99, 570-579, 1971.
- 22) 橋詰 雅: 第12回原子力総合シンポジウム, 毎日新聞, 2月18日, 1974.
- 23) ICRP Statement: Patient exposures in diagnostic radiology: Protection problems of current concern. Health Physics, 25, 619-621, 1973. 邦訳, 日放技学会誌, 29, 507-510, 1973.
- 24) Hashizume, T., Kato, Y., Maruyama, T., Kumamoto, Y., Shiragai, A. and Nishimura, A.: Genetically shignificant dose from diagnostic medical x-ray examinations in Japan, 1969. Health Physics, 23, 827-843, 1972.
- 25) 竹下健児: 医療用放射線被曝の実態, 第10回放射線影響懇話会(九州) 9月, 1973, 放射線生物研究, 8, 50, 1973.
- 26) Epp, E. E., Weiss, H. and Laughlin, J. S.: Measurement of bone marrow and gonadal dose from the chest x-ray examination as a function of field size, field alignment, tube kilovoltage and added filtration, Br. J. Radiol 34, 85-, 1961
- 27) Antoku, S. and Russell, W. J.: Dose to the active bone marrow, gonads, and skin from roentgenography. Radiology, 101, 669-678, 1971.
- 28) Antoku, S., Russell, W. J., Milton, R. C., Yoshinaga, H., Takeshita, K. and Sawada S.:

昭和 49 年 9 月

日本放射線技術学会雑誌

- Dose to patients from roentgenography. Health Physics, 23, 291-299, 1972.
- 29) Essenburg, A. and Koziarski, B.: Alignment of light-localized beam and radiographic x-ray beam. Radiology, 104, 716, 1972.
- 30) Morgan, R. H.: Gonad exposure in medical radiography. A hand book of scatter/primary exposure ratio. Public Health Service Publication No.2001
邦訳引用, 日放技師誌, 21, 特集, 79-82, 1974.
- 31) 提 直葉, 宇佐美達也: 腸X線検査における患者の生殖腺被曝線量, 日放技学会誌, 29, 46-51, 1973.
- 32) 花山正行, 森 嘉信, 雄川恭行, 伊藤慎弥他: 熱螢光線量計の使用経験, 日放技学会誌, 29, 101, 1973.
- 33) 秀章之助, 藤原 治, 後藤勝正, 宮原 徹, 中野是弘他: X線撮影時における直接線錐外の体内散乱線について, 日放技学会誌, 29, 102, 1973.
- 34) UNSCER: Ionizing radiation: Levels and effects. Vol. I, 1972.
邦訳 国連科学委員会 1972年報告, 放射線のレベル, 原子力安全研究協会 1974.
- 35) 稲津 博, 永田耕作, 猪ヶ倉政盛, 森本雅博: フィルム等方性の自現機による乱れ, 日放技学会誌, 28, 202-206, 1972.
- 36) 柄川 順: 小児の放射線許容量, 小児臨床, 26, 646-649, 1973.
- 37) 北畠 隆: 低線量被曝による障害の評価, 臨床放射線, 17, 115-121, 1972.
- 38) 田淵 昭: 放射線による胎児障害, 第16回日産婦学会宿題報告, 1974.
- 39) 館野之男: X線写真その診断目的と画質と被曝線量, 放射線科学, 17, 41-48, 1974.
- 40) 西岡清春: 患者被曝防護と腹部・消化器X線診断, さくらXレイ写真研究, 25, 5-8, 1974.
- 41) 古賀佑彦: X線撮影時に患者のうける余分の被曝, 日医放誌, 27, 1387-1391, 1968.
- 42) Kitabatake, T., Yokoyama, M., Sakka, M. and Koga, S.: Estimation of benefit and radiation risk from mass chest radiography. Radiology 109: 37-40, 1973.
- 43) 山本洋一: X線撮影時の患者の被曝線量について, 第4回国際放射線技術学会議記録, 277, 1969.