

論文内容の要旨

|              |  |    |   |       |
|--------------|--|----|---|-------|
| 氏名           | おおのほりくにみつ<br>大 登 邦 充                               |    |   |       |
| 学位の種類        | 博 士 (工学)   |    |   |       |
| 学位記番号        | 工 第 1 5 2 号  |    |   |       |
| 学位授与の日付      | 平成 17 年 3 月 22 日                                   |    |   |       |
| 学位授与の要件      | 学位規程第 4 条第 1 項該当                                   |    |   |       |
| 学位論文題目       | 放射線業務従事者の被ばくメカニズムの解析に関する研究－血管内治療者の被ばくの実態と防護対策について－ |    |   |       |
| 論文審査委員 (主 査) | 教授   | 鶴  | 田 | 隆 雄   |
|              | (副主査)  | 教授 | 内 | 田 熊 男 |
|              | (副主査)  | 教授 | 大 | 澤 孝 明 |

近年、X線透視下でカテーテルを操作して行う血管内治療は、虚血性心疾患などの治療法として広く行われるようになってきている。血管内治療者は、患者が横たわっている手術台の近傍で治療を行うため、患者からの散乱線およびX線管からの漏洩線を他のX線撮影検査に比べると多く受ける傾向にあり、血管内治療者の被ばくは社会的な問題となっている。

本論文は、まず、血管内治療者の被ばくの実態調査を行い、次に被ばくの主な原因となる散乱線の測定を行い、治療室内の散乱線分布を計算式で求める方法を提示し、さらに、放射線防護用具を使用した時の散乱線の変動について検討を行い、まとめとして、血管内治療者に対する適切な放射線防護の方法について論じたものである。

第1章では、血管内治療に従事した放射線科医、心臓内科医、研修医、小児科医、看護師を対象として2003年4月から2004年8月までの毎月の実効線量および水晶体の等価線量の平均値を職種毎に求めた。その結果、実効線量・等価線量ともに、被ばくは研修医が最も多く、毎月の平均値の変動は実効線量の数値に比べて等価線量の数値ほうが大きいことがわかった。このことから、防護衣で覆われていない頭頸部は、血管内治療の内容に大きく依存していることが分かった。

研修医の年実効線量と年等価線量の平均値は3.6mSv、12.2mSvであり、最も被ばくが多かった研修医の年実効線量と年等価線量は12.1mSv、36.5mSvであった。また、看護師の年実効線量と年等価線量の平均値は0.2mSv、1.8mSvであり、最も被ばくが多かった看護師の年実効線量と年等価線量は0.7mSv、4.1mSvであった。個人線量測定機関である千代田テクノルが集計・報告している平成14年度の個人線量の実態調査によれば、一般の医師の年実効線量と水晶体の年等価線量の平均値は0.26mSv、0.53mSvであり、一般の看護師の年実効線量と水晶体の年等価線量の平均値は0.13mSv、0.37mSvであった。このことから、血管内治療者の被ばくが多いことを確認することができた。

第2章では、血管内治療用のX線撮影装置周辺の散乱線量を、電子線量計を使用して測定し、散乱線量率分布の形状について検討を行った。実験結果より、散乱線量率分布の形状は、照射条件が変化してもほぼ同一であることが明らかになった。

また、照射線量の変動量と散乱線量率分布の変動量の間には相関性があることが分かった。そしてこれらの結果は、X線装置の形状が変わった場合でも類似した傾向を示すことが確認された。

これらのことから、散乱線量率分布を算出するための計算モデルを導き出し、異なる機種や異なる使用条件であっても簡易な計算によって散乱線量率を求める手法を開発した。計算値は実測値と±40%の範囲内で一致しており、散乱線量率分布を簡易な方法で求めることが可能であることを示した。

第3章では、多くの施設で設置されている天井懸垂型の含鉛アクリル防護板を設置し、アクリル防護板周辺の散乱線量の変動を蛍光ガラス線量計で詳細に測定した。その結果、アクリル防護板が設置されている空間の散乱線は低減しており、血管内治療者の被ばくを低減するための方法としてアクリル防護板の設置が有効であることが確認された。しかしながら、手術台の近傍ではアクリル防護板下端から床面側の空間で散乱線が増加することが本測定により判明した。

散乱線が増加するという測定結果は、従来のアクリル防護板のしゃへい効果を鉛当量で判断する方法では説明できなかった。そこで、材質を鉛から実効密度が近似している材質に換算することを提案し、実験結果を明確に説明した。これらのことから、従来の鉛当量のみで判断する方法では、アクリル防護板との相互作用で発生した散乱線の影響を過小に評価する危険性があることを示した。

第4章では、血管内治療で主に使用される2つのX線入射方向について、アクリル防護板を使用した時の散乱線を詳細に測定し、血管内治療者の被ばく防護に対する検討を行った。

測定結果から、アクリル防護板の使用は血管内治療者の被ばく低減に効果があることが示されたが、実験結果から従来の知見とは異なる以下のことが判明した。

- 1) 血管内治療者の立ち位置では、アクリル板を使用することにより血管内治療者の腹部・大腿部周辺の散乱線量率が増加する可能性があること。
- 2) 頭頸部の散乱線量率は、アクリル防護板に近い位置に立つ血管内治療者よりもアクリル防護板から離れた位置に立つ助手の方が高いこと。
- 3) X線の入射中心から離れている位置でも、アクリル防護板でカバーされていない空間の散乱線量率は高いこと。

これらのことを受けて本章では、血管内治療を行う施設の管理者は血管内治療者に対して、アクリル防護板を使用している散乱線の影響が大きい空間があることを説明し、アクリル防護板の設置位置の最適化を図るなどの適切な防護策を指導する必要があることを示した。また、施設の血管内治療実施件数に応じた管理目標値を定めることの必要性についても指摘した。そして、これらの方策を講じることで、血管内治療者およびスタッフが安心して施術を行うことができる環境を整えることが必要であることを論じた。

以上のように、本論文では、血管内治療者の被ばくの実態をあきらかにし、血管内治療者を取り巻く散乱線の線量率場を詳細に測定することにより、X線入射方向と散乱線分布の関係を明確にし、検査室内の散乱線分布を簡易な手法で求めることを可能にした。そして、防護用具の効果と問題点を明らかにし、血管内治療者に対して適切な被ばく防護の立案を可能にした。

## 論文審査結果の要旨

現在我が国において、放射線は、医療機関、工業機関、研究・教育機関などの幅広い分野で利用されており、放射線は国民の健康と生活の維持・向上に役立っている。放射線を取り扱う者には特別の管理が施され、その一つとして被ばく線量の測定が義務付けられている。平成15年度の我が国の放射線業務従事者は約40万人であり、そのうち、医療機関に登録されている者は約24万人で、全体の約60%を占めている。

近年、血管造影検査の診断後に行われる血管内治療が広く行われるようになり、同時に血管内治療者の被ばくが問題になっている。しかしながら、放射線防護に対する知識または意識の程度が必ずしも高くない医師もあり、放射線に対して過度な防護策を採用したり、逆に必要な防護策を講じないなどの問題が指摘されてきている。

そのことを受けて、本論文では、血管内治療者を取り巻く散乱線を詳細に測定することにより、血管内治療者に対する適切な被ばく防護の立案を目的としている。

第1章では、血管内治療に従事した放射線科医、心臓内科医、研修医、小児科医、看護師を対象として2003年4月から2004年8月までの毎月の実効線量および水晶体の等価線量の平均値を職種毎に求めて、一般の医療従事者に比べて血管内治療者の被ばくの多いことが示されている。

第2章では、血管内治療用のX線撮影装置周辺の散乱線量を、電子線量計を使用して測定し、散乱線量率分布の形状について検討を行っている。実験結果をもとに散乱線量率分布を算出するための計算モデルを導き出し、異なる機種や異なる使用条件であっても簡易な計算によって散乱線量率を求める手法が開発された。計算値は実測値と±40%の範囲内で一致し、散乱線量率分布を簡易な方法で求めることが可能であることを示している。

第3章では、多くの施設で設置されている天井懸垂型の含鉛アクリル防護板周辺の散乱線量の変動を蛍光ガラス線量計で詳細に測定した結果が示され、血管内治療者の被ばくを低減するための方法としてアクリル防護板の設置が有効であることがあきらかにされている。しかしながら、手術台の近傍ではアクリル防護板下端から床面側の

空間で散乱線が増加することが本測定により判明した。これは従来の知見とは異なる結果で、新しい概念を持ち込むことによりその原因を説明し、従来の解析方法では、アクリル防護板との相互作用で発生した散乱線の影響を過小に評価する危険性があることを指摘した。

第4章では、血管内治療で主に使用される2つのX線入射方向について、アクリル防護板を使用した時の散乱線を詳細に測定し、血管内治療者の被ばく防護に対する検討を行った。測定結果から、アクリル防護板の使用は血管内治療者の被ばく低減に効果があることが示されたが、実験結果からアクリル防護板を使用していても散乱線の影響が大きい空間があるという新しい事象が確認された。これらのことから、本章では、血管内治療を行う施設の管理者は、血管内治療者に対してアクリル防護板の設置位置の最適化、作業用線量計の使用による個々の作業における被ばく線量の把握、適切な防護衣の着用などの適切な防護策を指導する必要があることを示している。そして、これらの方法を講じることで、血管内治療者およびスタッフが安心して施術を行うことができる環境を整えることが必要であることが述べられている。

以上のように、本研究は、X線の入射方向と散乱線分布の関係から血管内治療室内の散乱線分布を簡易な手法で求めることを可能にし、防護用具の効果と問題点から血管内治療者に対する適切な被ばく防護の立案を可能にしたものである。

本研究があきらかにした医療従事者の被ばく防護対策が我が国の医療関係者に浸透し、医療従事者の被ばく逓減化への意欲が高まれば、我が国の医療関係者のみならず放射線治療を受ける患者の被ばく逓減化にもつながると考えられる。

よって、本研究で得られた知見は学術的にも社会的にも有意義であり、博士（工学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。