

200835029A (別冊あり)

厚生労働科学研究費補助金研究報告書
(地域医療基盤開発推進研究事業)

医療放射線の安全確保に関する研究
(H19-医療-一般-003)

平成20年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 細野 眞

平成21年(2009)3月

平成20年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）
医療放射線の安全確保に関する研究

1. 総括研究報告

○主任研究者 細野 眞（近畿大学放射線医学教室 教授）

2. 分担研究報告

(1) エックス線診療線量の測定と実施の手法の検討および中長期的に展望する医療放射線の安全規制に関する検討

○分担研究者 細野 眞（近畿大学放射線医学教室 教授）

① エックス線診療線量の測定とその全国実施の手法に関する課題

② 中長期的に展望する医療放射線の安全規制に関する課題

③ ^{131}I 1, 110 MBq (30mCi) 投与患者の退出における安全性評価に関する研究

(2) 歯科診療における診断参考レベルと品質保証に関する検討

○分担研究者 岡野 友宏（昭和大学歯学部 教授）

④ 歯科X線検査の診断参考レベルと品質基準

(3) 診断参考レベルと放射線機器の保守点検に関する検討

○分担研究者 成田 浩人（東京慈恵会医科大学附属病院 放射線部 技師長補佐）

⑤ 医科領域の診断参考レベルの検討

— 胸・腹部撮影およびCT撮像における被ばく線量調査の検討 —

⑥ 放射線機器の保守点検のあり方に関する検討

(4) 放射線診療全般で患者が受ける放射線の量の把握・放射線診療の説明のあり方に関する検討

○分担研究者 山口 一郎（国立保健医療科学院 生活環境部 主任研究官）

⑦ 医療での放射線リスクの説明のあり方に関する研究

⑧-1 放射性医薬品（医療機器）を投与された患者の退出基準のあり方に関する研究

⑧-2 医療で用いた ^{131}I の汚染物を減衰待ち保管により 10 半減期後に清掃工場に搬入する場合の清掃作業や公衆への放射線曝露量の推計

(5) X線CTの患者線量に関する検討

○分担研究者 赤羽 正章（東京大学医学部 准教授）

⑨ X線CTの患者線量に関する検討 ～診断能確保と線量低減に関する課題～

(6) 放射線機器の使用に係る職員研修の実施に関する検討およびエックス線診療施設の遮へい計算法に関する検討

○ 分担研究者 大場 久照（弘前大学大学院 保健学研究科 助教）

⑩ 放射線治療装置に係る職員研修マニュアル作成に関する調査研究

⑪ X線診療施設の遮へい評価法に関する調査研究

⑫ 診断参考レベルの構築および運用に関する調査研究

平成20年度厚生労働科学研究費補助金
(地域医療基盤開発推進研究事業)

「医療放射線の安全確保に関する研究」

総括研究報告書

平成21年3月

主任研究者 細野 眞

目 次

研究要旨	1
A 研究目的	1
B 研究方法	3
C 研究結果および考察	7
D 結論	12
E 研究発表	15
F 参考文献	18

平成 20 年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）
「医療放射線の安全確保に関する研究」（H19-医療一般-003）
（主任研究者：細野 眞）

統括研究報告書

主任研究者 細野 眞 近畿大学医学部放射線医学教室 教授

研究要旨

医療放射線の正当化と最適化を実現する過程において、医科領域ならびに歯科領域の診断参考レベル、医療機器の品質保証・保守管理、機器使用に係る職員研修、患者との良好なコミュニケーションなどが重要な要素であり、本研究はこれらについて指針となる資料を示すことを目的とする。診断参考レベル、品質保証・保守管理、職員研修、患者とのコミュニケーションなどの課題について、基礎的技術的な検討、国内の実態調査、既存の報告の解析、国際動向の考察などの手法を用いて研究を実施した。診断参考レベルについて、基本的意義と最適化における機能を明らかにし、国内調査に基づいて診断参考レベルの数値を提示した。医療機器の品質保証・保守管理について実態調査を行った。ここで診断参考レベルは機器の品質保証・保守管理と密接な関連があり、これらが一体となって最適化を実現すると考えられた。機器使用に係る職員研修、患者との良好なコミュニケーション、非密封放射性同位元素（ヨウ素-131）による治療における退出や廃棄物管理についても要件を示した。

本研究で検討した診断参考レベル、品質保証・保守管理、職員研修、患者とのコミュニケーションなどの要素は安全で有効な放射線医療に不可欠のものであり、医療機関で確実に実施されるよう啓発や環境整備を進めることが必要であると考えられた。

分担研究者

岡野友宏 昭和大学歯学部 教授
成田浩人 慈恵医大医科大学 技師長補佐
山口一郎 国立保健医療科学院 主任研究官
赤羽正章 東京大学医学部 准教授
大場久照 弘前大学大学院保健学研究科 助教

A. 研究目的

医療分野における放射線利用が目覚ましく発展し、人々の保健に大きく寄与しているが、その一方で国民の放射線被ばく増大の要因となっており、先進国では1人当たりの医療被ばくが自然放射線による被ばくに並びつつあるとされている（Mettler et al. 43rd Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements）。これに対応して国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年新基本勧告Publication 103において

は、医療を扱う章（第7章）が独立して設けられた。さらに、この新基本勧告の裏付け文書となるPublication 105「医学における放射線防護（Radiation Protection in Medicine）」（2007年）は、Publication 73「医学における放射線防護と安全」を引き継いで、放射線防護体系の中で医療に固有の課題について指針を示している。さらに国際原子力機関（IAEA）では、ICRPの動向に対応して、1996年に出版され国際的な放射線防護の基本となっているSafety Standard No. 115（BSS：基本安全基準、SS115）の改訂に取り組み、2008年7月に草案（BSS draft 1.0）を公表した。

ここでPublication 103、Publication 105に沿って、放射線防護体系の中でどのような点が医療に固有であるのかについて概説する。まず正当化については、患者が放射線診療を受ける場合は、患者本人が放射線の便益を享受し一方でリスクを負うのであるから、正当化のあり方が他の多くの放射線利用とは異なる。またひとつの放射線診療（例えばX線CT）が全体としては正当化されるものであっても、病態はさまざまであるから、目の前の特定の患者に実施することが正当であるとは言い切れないのである。

次に最適化について考慮すると、放射線治療は人に対して意図的に放射線を照射して組織傷害を生じさせるのであるから、他の多くの場合の最適化が傷害を防ぐことを目的とするのとは全く異なる。したがって放射線治療の最適化はターゲットに根治線量を照射しつつ正常組織をできるだけ守ることが目的となる。放射線診断の場合は、患者はさまざまの病状の中で診断手技を受けて適切な治療に導かれるのであるから、患者の個人線量に限度を設けることはあるべき診断・治療を妨げることになりかねない。そこで、放射線診断において通常用いられる標準的な線量を調査し、これに基づいて診断参考レベル（diagnostic reference level, DRL）を導入して、ある医療機関で診断に用いる放射線量が診断参考レベルと大きく変わらないことを確認することにより最適化を進めることになる。もちろん個々の患者ではその体格や病態によって用いる放射線量が大きかったり小さかったりするの当然であるが、その医療機関の平均的な放射線量が理由もなく診断参考レベルと隔たっているとすれば改善すべきであると考えられる。

また最適化を進める過程の中で、診断参考レベルとともに重要なのは品質保証・保守管理である。これは新基本勧告Publication 103の中では詳細には述べられていないが、基本安全基準Safety Standard No. 115や改訂中のBSS draft 1.0では、品質保証・保守管理が、設計、手技、校正、線量測定、診断参考レベルなどと並んで最適化の要素とされている。

本研究は、診断参考レベルを最も大きな課題のひとつとしており、岡野分担研究者、成田分担研究者、赤羽分担研究者、大場分担研究者の報告書の中で、診断参考レベルの概念、意義、国際動向、線量測定、技術的側面について詳細に考察する。また、我が国における具体的な診断参考レベルの設定については、歯科領域は岡野分担研究者、医科領域は成田分担研究者が中心となって検討し、岡野分担研究者の分担課題4、成田分担研究者の分担課題5で国内医療機関での撮影線量の測定調査結果が示され診断参考レベル設定のうえで極めて重要な基礎資料となっている。また診断参考レベルに伴って各医療機関で線量測定が必要になるので分担課題1では、エックス線装置の線量測定の簡易な方法として、個人被ばく線量測定用のガラスパッチと半導体測定器を用いる方法を提唱する。

さらに医療放射線の最適化には、診断参考レベル、放射線機器の品質保証・保守管理とともに、放射線安全に係る職員研修、患者との良好なコミュニケーションも必要要件であり、これらが国内の医療機関で確実に実施されるために、実態を調査し指針を提示する。

医療放射線の規制のあり方に関して ICRP 勧告や IAEA の現行 BSS および改訂中の BSS draft 1.0 を理解することが不可欠であるので分担課題 2 で検討を加え、ICRP Publication 103 (Annex A, Annex B を含む) と改訂中の BSS draft 1.0 の仮訳を資料として添付する。

また各論に踏み込んだ項目として、非密封放射性同位元素 (ヨウ素-131) による治療における退出や廃棄物管理のあり方について分担課題 3、分担課題 8-1、分担課題 8-2 で検討する。

B. 研究方法

主任研究者、分担研究者で次のように課題を分担して研究を進めた。

細野 眞 「研究の総括」

分担課題 1 エックス線診療線量の測定とその全国実施の手法に関する課題

分担課題 2 中長期的に展望する医療放射線の安全規制に関する課題

分担課題 3 ^{131}I 1,110 MBq (30mCi) 投与患者の退出における安全性評価に関する研究

岡野友宏 「歯科診療における診断参考レベルと品質保証に関する検討」

分担課題 4 歯科 X 線検査の診断参考レベルと品質基準

成田浩人 「診断参考レベルと放射線機器の保守点検に関する検討」

分担課題 5 医科領域の診断参考レベルの検討

分担課題 6 放射線機器の保守点検のあり方に関する検討

山口一郎 「放射線診療全般で患者が受ける放射線の量の把握・放射線診療の説明のあり方に関する検討」

分担課題 7 医療での放射線リスクの説明のあり方に関する研究

分担課題 8-1 放射性医薬品 (医療機器) を投与された患者の退出基準のあり方に関する研究

分担課題 8-2 医療で用いた I-131 の汚染物を減衰待ち保管により 10 半減期後に清掃工場に搬入する場合の清掃作業員や公衆への放射線曝露量の推計

赤羽正章 「X 線 CT の患者線量に関する検討」

分担課題 9 エックス線 CT の患者線量に関する検討～診断能確保と線量低減に関する課題～

大場久照 「放射線診療機器の使用に係る職員研修の実施に関する検討およびエックス線診療施設の遮へい計算法に関する検討」

分担課題 10 放射線治療装置に係る職員研修マニュアル作成に関する調査研究

分担課題 11 X線診療施設の遮へい評価法に関する調査研究

分担課題 12 診断参考レベルの構築および運用に関する調査研究

以下に分担課題ごとの方法を記述する。なお本研究の倫理面への配慮として、基本的に個人情報を含むデータは扱わないが、個人情報等の収集が必要となる場合には、個人を特定できる情報が第三者に漏えいしないこと、および研究以外の目的に使用しないことを誓約することとし、その取扱いに配慮を行うこととした。また、研究にグループインタビューを含む分担課題 7 については、国立保健医療科学院の研究倫理審査を受け承認されている。

B-1. エックス線診療線量の測定とその全国実施の手法に関する課題 (宇佐美研究協力者、細野主任研究者)

医療機関におけるエックス線装置の線量測定の簡易な方法として、個人被ばく線量測定用のガラスパッチと半導体測定器を用いる方法の精度と有用性について検討した。前年度の報告でエックス線装置を対象として線量測定を実施したが、今回は、測定の対象を一般撮影装置、透視検査装置、IVR を含む血管造影装置に広げて標準測定法である電離箱による測定と比較して検討した。

B-2. 中長期的に展望する医療放射線の安全規制に関する課題 (細野主任研究者)

ICRP Publication 103 (2007 年勧告) の本文及び Annex A と Annex B の仮訳、IAEA の改定 BSS ドラフト 1.0 の仮訳を行い、BSS については新旧 BSS との比較を行った。これらに基づき医療放射線の安全規制の国際動向を分析し、我が国の医療にもたらす影響について検討した。

B-3. ^{131}I 1,110 MBq (30mCi) 投与患者の退出における安全性評価に関する研究 (日下部研究協力者、細野主任研究者)

放射性ヨード (^{131}I) は 1940 年代にバセドウ病、並びに甲状腺癌転移の治療に利用されて以来、今日においても高い臨床的価値を維持している。治療量の ^{131}I を投与された患者の退出については、厚生省医薬安発第 70 号 (平成 10 年 6 月 30 日) 「放射性医薬品を投与された患者の退出に関する指針」において、「(1) 投与量に基づく退出基準」、「(2) 測定線量率に基づく退出基準」、そして「(3) 患者毎の積算線量計算に基づく退出基準」の三つの基準が示されている。

この 10 年、(1) と (2) の適用により、本邦ではバセドウ病の外来治療は急速に普及したが、3,700 MBq 以上の ^{131}I を要する甲状腺癌転移の治療では、入院期間が短縮したものの、放射線治療病室の慢性的な不足の状況にある。一方、甲状腺癌の ^{131}I 治療では、甲状腺全摘術後に行う残存甲状腺の破壊 (アブレーション) が将来の再発・転移を予防する有効な手法であると評価され、米国では一般化している。

本研究では、「(3) 患者毎の積算線量計算に基づく退出基準」を適用し、甲状腺アブレーションを目標に ^{131}I 1,110 MBq を投与された患者の退出に関する安全管理の指針作成に向けて、患者介護者の被ばく線量を計算・実測して基礎データを作成する。

本年度は日本核医学会「甲状腺R I治療委員会」と共同し研究の立案を行った。

B-4. 歯科 X 線検査の診断参考レベルと品質基準 (岡野分担研究者)

前年度(19年度)は歯科 X 線検査の最適化を推進する上で必要な DRL の策定を目的として、(1) 医科に対する歯科 X 線検査の特徴を明記し、(2) 歯科 X 線検査の DRL に適した計測線量について考察し、(3) 口内法撮影、パノラマ撮影、頭部 X 線規格撮影、CT および歯科用コーンビーム CT (CBCT) に関する線量を文献検索(1988-2007)し、今後歯科における各 X 線検査の DRL 調査を行うために必要な情報を収集整理した。

本年度は歯科の主なエックス線検査である口内法およびパノラマエックス線撮影と、近年件数が増加しているインプラント施術時の CT 検査に関して、都内の歯科大学病院、歯科医院を対象に患者線量の実態調査を行い、海外の DRL との比較を行った。また、コーンビーム CT 検査 (CBCT) も含めて、OSLCT 線量計を用いて線量プロフィールを測定し、OSLCT 線量計の正確さと有用性を検討した。

B-5. 医科領域の診断参考レベルの検討 (成田分担研究者)

一般的な胸部単純撮影と腹部単純撮影がどのような条件の下に検査されているのかを検討した。

また、わが国の医療においてエックス線 CT (以下「CT」) を用いた検査の需要は多く、先進諸国と比較してもその機会が多いと指摘されているので、わが国の CT 検査による被ばく線量を調査し、CT 検査における被ばく線量評価の指標、その表示方法、測定方法を一元化し、CT 検査における部位毎の診断参考レベルを提示可能かどうか検討した。

方法としてはインターネットを用いた任意報告型アンケート調査を行い、胸部単純・腹部単純撮影における撮影条件と入射表面線量を全国の診療放射線技師が勤務する施設から収集し解析した。

胸厚・腹厚 20cm の男性を撮影する場合の撮影条件と入射表面線量の記載を求め、入射表面線量を把握していない施設については、Numerical Dose Determination (NDD 法) を用いて算出した (調査 1)。また、成人頭部、胸部、腹部の CT 検査における撮像条件ならびに CT DIvol を把握している施設に対し、報告を依頼した。平成 15 年以前の機器など頭部と腹部各々の代表撮像条件に対する CT DI100 の値およびスキャン条件によるアジャスト値が不明なため CT DIvol が把握できない装置もあることから ImPACT (CT Patient Dosimetry Calculator) ソフトを用いて算出した (調査 2)。

B-6. 放射線機器の保守点検のあり方に関する検討 (成田分担研究者)

日本放射線技師会が平成 20 年 5 月から 6 月に掛けて行ったインターネットを介したアンケート調査「診療報酬に関する調査」並びに平成 20 年 11 月から 12 月に掛けて行った「放射線治療の現状調査」のデータを基に一般的なエックス線装置、エックス線 CT 装置、PET/CT、並びに高エネルギー放射線発生装置の保守点検、品質管理の実態について検討した。

B-7. 医療での放射線リスクの説明のあり方に関する研究（山口分担研究者）

患者の放射線診療への満足度を高めるには、患者が納得して放射線診療を受けられるように医療提供側が説明することが求められる。放射線診療の必要性を患者が納得するには、その有用性が大きい一方でリスクが相対的に小さいことを前提とし、放射線診療への信頼を高めることが求められる。前年度の研究やこれまでの研究から、患者は放射線診療に様々な不安を抱いている一方で、医療側がその説明に苦慮している実態が示されている。

そこで、本研究では、医療従事者を対象にグループインタビューを行い、患者が持つ放射線への不安に日々の診療でどのような対応が求められるか意見を聴取し、それに基づいて説明用資料の Web 資料の評価版を作成した。

B-8-1. 放射性医薬品（医療機器）を投与された患者の退出基準のあり方に関する研究（山口分担研究者）

これまでの退出基準通知と ICRP 94 で示された安全評価法を比較し、放射性医薬品（医療機器）を投与された患者の退出基準設定を一般化するための課題を整理した。

B-8-2. 医療で用いた I-131 の汚染物を減衰待ち保管により 10 半減期後に清掃工場に搬入する場合の清掃作業員や公衆への放射線曝露量の推計（山口分担研究者）

医療で用いた I-131 の汚染物を減衰待ち保管（減衰保管、DIS）後に非放射性廃棄物として廃棄する制度がわが国に導入された場合を想定し、DIS 後の廃棄物に由来した清掃作業員と一般公衆の線量をフィルタ全量回収シナリオ、全量環境放出回収シナリオに基づいて推計した。

B-9. エックス線 CT の患者線量に関する検討～診断能確保と線量低減に関する課題～（赤羽分担研究者）

DRL 運用に関する文献検索として既に DRL を利用している欧米からの報告を参考にすべく、文献を収集した。また CT 検査における DRL の適用のパイロットスタディとして、2007 年度の任意の 2 日間について、dose report が出力される CT 装置の全検査 187 件を対象として DLP を集計した。十分な検査数が得られた頭部 routine、腹部 routine、胸腹部 routine、胸腹骨盤部 routine、の 4 検査について、DLP のヒストグラムと平均値を Microsoft Excel を用いて導いた。この結果を NRPB_W67 の DRL と比較する形で CT 担当技師全員に報告するとともに、DRL や被ばくリスクに関する教育講演を行った。次に 2008 年度の任意の 2 日間について、dose report が出力される CT 装置の全検査を対象として DLP を集計した。前年度の平均 DLP が高めだった頭部 routine と胸腹部 routine を対象に、2007 年度と比較した。

また管電流変調を常用する CT 装置における DRL 適用の問題点を洗い出した。さらに DRL 活用による被ばく低減が診断能を損ねていないことを確認する方法の検討として、評価方法や評価対象になりうる項目を列挙し、利点と欠点について考察した。

B-10. 放射線治療装置に係る職員研修マニュアル作成に関する調査研究（大場分担研究者）

本研究では、診療用高エネルギー放射線発生装置と診療用放射線照射装置に加え、診療用粒子線照射装置に関する職員研修マニュアルの項目について調査研究を行った。診療用高エネルギー放射線発生装置と診療用放射線照射装置の職員研修マニュアルについては、研究協力者の所属機関を中心に調査を行い、資料収集を行った。同様に、診療用粒子線照射装置の職員研修マニュアルについては、兵庫県粒子線医療センター及び筑波大学陽子線医学研究センターの2施設の協力を得て調査を行い、資料収集を行った。

B-11. エックス線診療施設の遮へい計算法に関する調査研究（大場分担研究者）

（社）日本画像医療システム工業会 JIRA の標準化部会サイト設備設計グループの協力により、188号通知における遮へい計算法の問題点の抽出作業を行うとともに、東京都内の医療機関約200施設を対象としてX線の検査別に実効稼働負荷値を調査した。

B-12. 医科領域の診断参考レベル設定に関する調査研究（大場分担研究者）

ICRP Publication 103 および ICRP Publication 105 での DRL に関するセクションを翻訳し、DRL の考え方を整理した。また、IPEM Report No. 88 に基づき英国での National DRL (NDRL) や Local DRL (LDRL) の設定・運用方法および DRL の法令等への取り入れについて整理し、国内での DRL の設定・運用方法について検討した。

C. 研究結果および考察

C-1. エックス線診療線量の測定とその全国実施の手法に関する課題（細野主任研究者）

エックス線診断装置の整流方式の違いがもたらす線質の違いや印加電圧の脈動率の特性が簡易測定法の測定値に及ぼす影響は最大で4%の誤差となり、標準測定法と良好な一致をみた。全国で稼働する一般撮影装置、エックス線透視装置、血管撮影装置の診療線量と診断参考レベルの検証はガラスバッジ、半導体測定器を使用した簡易測定法で十分可能と考える。

C-2. 中長期的に展望する医療放射線の安全規制に関する課題（細野主任研究者）

BSS draft 1.0 は ICRP2007 年勧告に準拠し、3つの被ばく状況に構成が変更され、医療被ばくでは「計画被ばく状況」に纏められ、被ばくの責任については政府のかかわりが強く求められている。「診断参考レベル (Safety Standard No. 115 のガイダンスレベル)」は、政府が保健機関や関連する専門機関及び規制機関との協議の上で、国内の様々な施設を対象とする調査から規定する責任があるとされている。また、介護者、生物医学研究のボランティアに対し線量拘束値、非密封放射性元素による治療に関しては退出基準、ガイドラインも規定する必要があるとされている。責任の明確化が言及されており、個人としての責任及び医師のみでなく医療物理士や医療放射線技師も明記され、責任の分担を求められている。診断参考レベルや線量拘束値は、わが国においても、法令等に導入されると思われるが、そのレベルを決定するためには画質に対する考慮を含む広範囲の調査に基づくことが重要である。そのレベルと比較することで自施設の装置等

の安全使用、作業手順の適切さを確認することができるであろう。

C-3. ^{131}I 1, 110 MBq (30mCi) 投与患者の退出における安全性評価に関する研究 (日下部研究協力者、細野主任研究者)

放射性ヨード療法を外来治療に取り入れ、安全に管理する上で必要な計算・実測データを収集し、指針作成の基礎資料とするために、研究の立案を行うことができた。現在研究実施に入っており次年度に成果を提示する。

C-4. 歯科 X 線検査の診断参考レベルと品質基準 (岡野分担研究者)

歯科大学病院および東京地区における DRL の実態調査を行い英国の DRL と比較検討したところ、日本の地域または施設における DRL として英国の DRL を参考にできると考えられた。また、歯科特有で検査頻度の高いインプラント術前 CT 検査についても 2 歯科大学病院におけるローカル DRL 調査を行ったところ、片顎と両顎で DLP 180 と 360 mGy cm となり、2 歯科大学病院におけるローカル DRL の初期値として採用できるものと考えた。なお、DLP 360 mGy cm は ICRP が勧告している顔面・洞撮影における CT の DRL と同じである。また、2 歯科大学病院で行われている現在の撮影条件での診断に問題がないことおよび調査結果から適切な撮影条件としては、管電圧 120-140 kV、1 回転当たりの mAs 値は 110 mAs 以下およびピッチファクター 1 以上と考えた。

C-5. 医科領域の診断参考レベルの検討 (成田分担研究者)

インターネットを用いた任意報告型アンケートによって、胸部単純・腹部単純撮影、頭部 CT・胸部 CT・腹部 CT における線量を全国の診療放射線技師が勤務する施設から収集した。

胸部正面単純撮影で胸厚 20cm の男性を撮影する場合の撮影条件回答数 237 施設の撮影条件より NDD 法を用いて算出した入射表面線量の結果は、最小値 0.029mGy、最大値 1.615mGy であり、第 3 四分位点に相当する入射表面線量は 0.22mGy であった。

腹部正面単純撮影で腹厚 20cm の男性を撮影する場合の腹部正面単純撮影に関して、回答数 237 件の撮影条件より NDD 法を用いて算出した入射表面線量の結果は、最小値 0.067mGy、最大値 8.25mGy であり、第 3 四分位点に相当する入射表面線量は 2.22mGy であった。

頭部 CT では、報告された 191 装置の撮像条件より ImPACT を用いて計算した CTDIvol (mGy) の結果は、最小値 15.8mGy、最大値 369.0mGy であり、平均値に相当する CTDIvol は 91.7mGy、中央値 83.7mGy、第 3 四分位点の CTDIvol は 98.0mGy であった。

胸部 CT では、ビーム幅やビーム Pitch 等の撮像条件が明確な 183 装置について ImPACT を用いて計算した CTDIvol (mGy) は、最小値 0.7mGy、最大値 37.2mGy であり、平均値に相当する CTDIvol は 15.2mGy、中央値 14.2mGy、第 3 四分位点の CTDIvol は 19.7mGy であった。

腹部 CT では、ビーム幅やビーム Pitch 等の撮像条件が明確な 161 装置について ImPACT を用いて計算した CTDIvol (mGy) は、最小値 5.0mGy、最大値 64.4mGy であり、平均値に相当する CTDIvol は 20.0mGy、中央値 19.0mGy、第 3 四分位点の CTDIvol は 24.7mGy であ

った。

C-6. 放射線機器の保守点検のあり方に関する検討（成田分担研究者）

各装置に対する保守契約を結んでいるかという問いに対し、それぞれ下記の内容であった。

- ・診断用エックス線装置

回答数 500 施設の内、一般撮影装置の保守契約を結んでいる施設は 40%

- ・エックス線 CT 装置

回答数 443 施設の内、保守契約を結んでいる施設は 91%

- ・MR 装置

回答数 361 施設の内、保守契約を結んでいる施設は 90%

- ・PET/CT 装置（PET 含む）

回答数 21 施設の内、保守契約を結んでいる施設は 81%

- ・高エネルギー放射線発生装置

回答数 73 施設の内、保守契約を結んでいる施設は 60%

検査・治療機器の始業・終業時点検を点検マニュアルに明記しているかとの問いに対し、回答した 469 施設の 74%の施設が明記していると答えた。

検査・治療機器の始業・終業時点検を点検簿に記載しているかとの問いに対し、73%の施設が記載していると答えた。

放射線治療装置の品質管理については、日本放射線技師会と日本放射線治療専門放射線技師認定機構が実施した放射線治療の現状調査（平成 20 年度）によると回答数 204 施設の全ての施設において放射線治療装置の品質管理が行われていた。モニタ線量計の校正や照射野の確認など実際の品質管理に関し、98%の施設で診療放射線技師が行っていた。

C-7. 医療での放射線リスクの説明のあり方に関する研究（山口分担研究者）

インタビュー調査の結果、簡単にポイントを突いた説明が求められていることが推測された。多忙な医療スタッフが必要最小限の知識を得て、日々の診療に役立てることができることを目指した資料を作成するのが望ましいと考えられた。医療従事者の放射線リスクのリテラシーを高めることは、放射線診療の最適化を改善することで患者の信頼を深め、放射線診療への満足度を高めることに資すると考えられる。

C-8-1. 放射性医薬品（医療機器）を投与された患者の退出基準のあり方に関する研究（山口分担研究者）

ICRP Publication 94 の基本的な考え方の特徴は、個別の事情に配慮することに重きを置いてある点である。患者の入院あるいは管理区域からの退出の決定は個々の状況に応じて決定されるべきであり、残存放射能のみでなく患者の意志、患者に由来する他の人の職業および公衆被ばく、家族状況、費用及び生活環境など多くの因子を考慮しなければならない。

わが国の通知は、投与量又は体内残留放射能や患者の体表面から1メートルの線量率で基準を示しているが、患者毎に介助者等の積算線量を推計し退出させることも認めており、考え方に齟齬はない。ただし、個別の事情を考慮した退出の判断は強調されていない。実務的なガイドラインとしては、患者の医学的な見地による身体的あるいは精神的な状態、家族に小児あるいは妊婦がいるかどうかや患者の行動の制限を前提とした予防策が妥当であるかなどのポイントの考え方を示すことが求められると考えられる。

C-8-2. 医療で用いた I-131 の汚染物を減衰待ち保管により 10 半減期後に清掃工場に搬入する場合の清掃作業員や公衆への放射線曝露量の推計（山口分担研究者）

清掃工場職員については、バグフィルタや焼却灰、飛灰との接触は極めて限られているので、外部被ばくは事実上無視できると考えられた。内部被ばくは最大限の見積もりで年間の実効線量が $150 \mu\text{Sv}$ となったが、作業時はマスクを着用しており、一般的な有害物質摂取防止対策を講じれば、内部被ばくのリスクも十分に無視できると考えられた。

また医療で用いた I-131 の全量が大気中に放出されたとしても、減衰を考慮しなくても一般公衆の被ばくは十分に小さいことがわかった。

C-9. エックス線 CT の患者線量に関する検討～診断能確保と線量低減に関する課題（赤羽分担研究者）

CT 検査における DRL の適用のパイロットスタディで、2007 年度と 2008 年度を比較すると、胸腹部 routine の平均 DLP は $891.0 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ から $691.5 \text{ mGy} \cdot \text{cm}$ へ低下したが、頭部 routine は大きな変化はなかった。

また管電流変調を常用する CT 装置における DRL 適用の問題点としては、各 CT 装置から出力される dose report は DICOM 形式の画像ファイルであり、これらを逐一 DICOM viewer で開いては Excel シートに手入力する作業が必要なので、時間がかかる上に入力間違いが起きやすいと考えられた。さらに Dose report の書式がメーカー間で異なるため、必要な値を読み取りにくかった。特に、複数シリーズが存在する場合や、管電流変調されている場合の CTDI の扱いはメーカー間で統一されていなかった。

DRL 活用による被ばく低減が診断能を損ねていないことを確認する方法の検討としては、European guidelines on quality criteria for computed tomography (EUR16262) では、検査目的毎の image criteria として、撮影範囲に含まれているべき重要構造物と、診断に足る画質で明瞭に描出されるべき正常構造とが規定されている。画質の評価基準として、「灰白質と白質の境界が明瞭」のような定性的指標と、「脳室内に設定した関心領域内の標準偏差が 11 未満」のような定量的指標がありうる。定性的指標は客観性に乏しいが、適切に選定すれば診断能に直結する。定量的指標では客観性が確保されるものの、診断能との関係について evidence が不足している。必要最低限な画質を厳密かつ分析的に定めることは難しいので、あえて明確な評価基準を設けず、画質全体の印象を評価するだけで画質を担保する方法も考え得る。あるいは、画質不良のクレームの頻度が増えたら線量を少し増やす、という手法でもよい。このような手法でも有効に画質が保たれるか否かは、検討する必要があるだろう。

C-10. 放射線治療装置に係る職員研修マニュアル作成に関する調査研究（大場分担研究者）

調査結果に基づき、厚生労働省の事務連絡通知に示された以下の研修項目、①医療機器の有効性・安全性に関する事項、②医療機器の使用方法に関する事項、③医療機器の保守点検に関する事項、④医療機器の不具合等が発生した場合の対応に関する事項、⑤医療機器の使用に関して特に法令上遵守すべき事項、について海外文献等と国内の対応状況について比較検討を行い、各施設にて対応すべきマニュアルの柱を構築した。

C-11. エックス線診療施設の遮へい計算法に関する調査研究（大場分担研究者）

188号通知における遮へい計算法の問題点として次に挙げる5点が抽出された。①定格管電圧の使用により過剰防護となる可能性がある、②通知で示されている実効稼働負荷値は使用頻度の少ない一般診療所等に適用する場合過大評価となる、③CT室の遮へい計算において利用線方向と管容器からの漏えい線の方向利用率は1で計算するよう指導されているため過大評価となる、④遮へい体の空気カーマ透過率や半価層に使われているデータはNCRP Report No. 49 (1976) が出典データであるため現在のX線装置の線質を用いたものとは異なる、⑤各地方自治体での通知の解釈が異なり行政指導が統一されていない。

続いて、実効稼働負荷値（W値）をNCRP Report No. 147に基づき3ヶ月間当たりの平均的な施設のW値と、使用頻度の高い施設のW値を分類し188号通知のW値と比較した結果、胸部撮影において188号通知のW値が本調査での一般的な施設におけるW値に比べ約10倍高いことが明らかとなった。一方、使用頻度の高い施設の場合には、胸部撮影を除き188号通知のW値に比べ10倍高く、この値を使用すると過小評価となる可能性があった。

C-12. 医科領域の診断参考レベル設定に関する調査研究（大場分担研究者）

ICRP Publication 103において、DRLは「通常の検査において、ある特定の検査手法からの患者の線量またはある特定の検査手法での投与放射エネルギーがその手法に対し異常に高いか低いかどうかを示すために電離放射線を用いた画像診断に適用される。」と明確に定義された。一方、DRLの考え方については全てICRP Publication 73での考え方を踏襲していた。ICRP Publication 73と異なる点としては、乳房検診などのスクリーニングにおいて、一般診断用のDRLとは異なるDRLを設定する必要があることを提示していた点であった。ICRP Publication 105の10章ではDRLに関わるガイダンスが示されていたが、その内容はICRP Publication 73およびICRP Supporting Guidance 2 (2001)の要約であり、新たなガイダンスは示されていなかった。IPEM Report No. 88では英国でのNDRLの設定に関して以下の点を提示していた。①英国放射線防護庁NRPBはあるX線検査で観察される線量分布の第3四分位値を使うことを推奨する、②NRPBから5年ごとに公表される患者の被ばく線量データベース（NPDD）がNDRL設定のための重要な情報源となる、③CT検査等の高線量を用いる検査に対するDRLの設定が重要である。LDRLの設定については、医療機関での各検査室の線量分布の平均値を用いて設定することを推奨し、一年ごとに見直すべきであると示されていた。

D. 結論

本研究では、患者が受ける線量の評価法について検討を行い、既存の報告を分析して適切に標準化した手法で線量測定を行ってわが国の放射線診療の実態を調べ、診断参考レベルを提示した（分担課題 4、5）。放射線機器の品質保証・保守管理についても実態を明らかにし、放射線診療機器の使用に関わる職員研修マニュアルに盛り込むべき要件を提示した。リスクコミュニケーションに立脚した分析で、医療従事者の放射線リスクのリテラシーを高めることは、放射線診療の最適化を改善することで患者の信頼を深め、放射線診療への満足度を高めることを示した。非密封放射性同位元素（ヨウ素-131）による治療における退出や廃棄物管理について、患者の立場から医療資源を有効に活用する合理的なあり方について検討した。

特記すべきことに、診断参考レベルや放射線機器の品質保証・保守管理を考察する中で、X線CTで表示される撮影線量CTDIの扱いが機器メーカーによって様々であり、電流変調機能=SCAN条件自動適正化機能を搭載したX線CTでは、機器メーカーの設計・初期設定・チューニングに撮影線量が依存し、各医療施設だけでは診断参考レベルに対応しきれないことが判明してきた。旧世代のCT装置で撮影条件が固定的であった時代とは診断参考レベルの概念が大きく変貌しつつある現在では、適正な撮影線量の実現には機器の設計・品質保証・保守管理が鍵であり、その中では各医療機関の責任と共に、機器メーカーの責任の重要性が明らかになってきた。

この文脈においては診断参考レベルと品質保証・保守管理は、ひとつの包括的な概念（＝広義の品質保証）に収れんし、医療放射線の正当化と最適化はこの広義の品質保証によって成立するとも考えられた（Report of the 3rd steering panel meeting on the international action plan for the radiological protection of patients. IAEA, Vienna, Austria, May 2008）。

本研究は、医療放射線の正当化と最適化における我が国の現状を明らかにし、放射線診療の有効かつ安全な施行に向けて指針となる資料を示し、医療放射線の安全管理を規制している医療法施行規則等の規制の整備に資することができたと考えられる。

なお、最終年度（平成21年度）は、①医療法施行規則改正が考えられる事項についての通知改正案の作成、②188号通知改正案の作成および③放射線の医療安全に係る診療報酬改定に関するものについて、早急に検討する予定である。

D-1. エックス線診療線量の測定とその全国実施の手法に関する課題（細野主任研究者）

一般撮影装置のみならず、透視診断装置、血管撮影装置による放射線診療線量の測定にも、ガラスバッジ・半導体測定器による簡易測定法が有用であることが実証された。これにより容易に全国の医療機関で放射線診療線量を実施し、診断参考レベルへの適合性の検証が行い得ることを示した。

D-2. 中長期的に展望する医療放射線の安全規制に関する課題（細野主任研究者）

BSS draft 1.0は、ICRP2007年勧告が示す放射線規制体系の概念に基づいており、放射線利用において正当化と最適化の原則を実現するための規制のあり方や行政、事業者、従事者などの責任体制について示している。とりわけ医療においては新たな技術の発展

に対応しつつ、患者の臨床症状や特性を最大限に考慮して、安全で確実な放射線利用を行うことが求められる。診断参考レベルや線量拘束値が重要な役割を果たすことになるので、これらの値を策定し、法令やガイドラインに盛り込むことが必要と思われた。放射線診療の手順の確立しそれを文書で示すことも重要であり、そのためには関連学会等、専門家集団が標準的なガイドライン等を作成し、それを基に各施設が手順書を作成することができれば有効な手段になると思われた。手順に関する適切な訓練と再訓練も必要である。現在、IAEAはBSS draft 1.0に関して、各国からの意見を収集しており、内容は多少変更されることが予想されるが、大きく変わることはないと思われる。2009年に改定版のBSSを公表する予定とされており、注視していく必要がある。

D-3. ^{131}I 1, 110 MBq (30mCi) 投与患者の退出における安全性評価に関する研究（日下部研究協力者、細野主任研究者）

重要な計算・実測データが得られると考えられ、これに基づいて次年度には ^{131}I 1, 110 MBq (30mCi) 投与・退出における安全管理の指針を作成する。

D-4. 歯科 X 線検査の診断参考レベルと品質基準（岡野分担研究者）

口内法とパノラマ撮影における DRL の実態調査に関する文献紹介、2008 年に行った口内法とパノラマ撮影における DRL 実態調査の結果、DRL 調査に有用と思われる OSLCT 線量計の諸特性、ICRP1990 年勧告に対する 2007 年勧告による実効線量の変化、および歯科特有であるインプラント術前 CT 検査における品質基準の策定作業について重要な知見を提示した。

D-5. 医科領域の診断参考レベルの検討（成田分担研究者）

インターネットのアンケート調査で収集された胸・腹部単純撮影条件ならびに頭部・胸部・腹部の CT 撮影条件から、それぞれの被ばく線量分布を把握することができた。胸部、腹部単純撮影といった撮影に関しては、従来、日本放射線技師会が示した低減目標値を下まわっており、少なくとも 3/4 の施設は一定の条件の下放射線診療が行われている現状が確認できた。しかしながら、低減目標値を超えている施設も多くみられることも事実であり、特に最大値を示している施設への呼びかけも必要であると考ええる。エックス線単純撮影において従来の低減目標値をわが国の診断参考レベルとすることは妥当と考えられた。一方、頭部 CT 検査における医療被ばくの実態は、ガイドライン値を大幅に超えている現状を認識する必要がある。

他の部位における撮影条件の調査もインターネットを用いる事によって収集可能である。将来的にはデータベースを構築し、わが国の被ばく線量を一元管理する仕組みが必要と提案する。

D-6. 放射線機器の保守点検のあり方に関する検討（成田分担研究者）

放射線機器の保守点検の目的は、機器の安全確保と精度維持である。日常点検と定期点検の実施状況は高い達成率を示しており、未だ実施していない施設への啓発は必要なことである。わが国の放射線機器の保守点検を行う基盤作りをまず初めに行わなければ、

いかに充実した保守点検マニュアルがあったとしても利用されないままになる。放射線機器を使用する全ての施設が簡便に行うことができ、記録に残すことができる基本的な要件項目を提案し、その実施を広めることが肝要と結論する。

D-7. 医療での放射線リスクの説明のあり方に関する研究（山口分担研究者）

グループインタビューの結果をまとめ、分析した結果、日常診療に直接役立つ放射線診療のリスクコミュニケーションのガイド・教育資料の必要性があると判断し、そのコンセプトやその内容を検討した。今後、その評価版の有用性を検証し改善を図り、研究成果として公開する。

D-8-1. 放射性医薬品（医療機器）を投与された患者の退出基準のあり方に関する研究（山口分担研究者）

ICRP Publication 94は網羅的に患者の管理区域からの退出を巡る課題を整理しており、わが国もその考え方を取り入れるのがよいと考えられる。患者の管理区域からの退出の判断は総合的な判断に基づいて行えるようにICRP Publication 94に示された患者が受忍できる行動制限を課しつつ、少なくとも家族や介護者、一般公衆の線量拘束値が担保できる場合には管理区域からの退出を可能とする考え方を取り入れるのがよいと考えられる。そのためには放射線管理の質を充実させるとも対策が講じられていることを示して関係者の信頼を得ることが求められる。

D-8-2. 医療で用いたI-131の汚染物を減衰待ち保管により10半減期後に清掃工場に搬入する場合の清掃作業員や公衆への放射線曝露量の推計（山口分担研究者）

DISを導入したとしても、医療で用いたI-131の汚染物に由来した清掃作業員や公衆への影響は極めて小さく、核医学分野でDISを導入することには放射線防護上の問題はないと考えられる。

D-9. エックス線CTの患者線量に関する検討～診断能確保と線量低減に関する課題（赤羽分担研究者）

現在では患者毎や撮影部位毎の撮影条件調節（管電流変調など）による不要被ばく低減が必須とされているため、ある施設のある検査目的のCT検査の被ばく線量の代表値を知ることは容易でない。適切な代表値の求め方を定めなければ、DRLを設定するための撮影条件調査も、設定されたDRLの活用も、不可能といえよう。日常臨床におけるDRL活用が普及し有効に機能するためには、簡便な手順によって再現性のよい代表値が求められることが肝要である。またDRLを正しく活用するためには、線量を下げすぎて画質が不十分とならぬような工夫が必要である。

D-10. 放射線治療装置に係る職員研修マニュアル作成に関する調査研究（大場分担研究者）

本研究では、IAEAとAAPMのガイドラインに基づき、放射線治療機器の職員研修マニュアルの柱を構築した。IAEA等で示された包括的な放射線治療プログラム（ガイドライ

ン)は具体的な業務の内容に至るまで詳細が細かく記載されており、職員研修マニュアル作成の際には有用である。しかし、欧米での放射線治療に係る人的資源に関しては我が国の状況とは大きく異なり、対応すべき専門人員について考慮すべき点が多く散見された。今後、本研究成果を踏まえ、放射線治療に係る関連団体と協調し、より具体的な研修マニュアルを提案する予定である。

D-11. エックス線診療施設の遮へい計算法に関する調査研究 (大場分担研究者)

188号通知での遮へい計算上の問題点については、NCRP Report No. 147で示す遮へい計算法の導入により概ね解決できる。医療機関で3ヶ月間当たりのW値が不明な場合に用いるW値については、本調査結果とNCRP Report No. 147に基づいて使用頻度別のW値を提案したい。各地方自治体では、遮へい計算法に関する指導方針が統一されていないため、今後自治体向けのマニュアル作成などの対策を講じる必要がある。

D-12. 医科領域の診断参考レベル設定に関する調査研究 (大場分担研究者)

ICRP Publication 103でDRLの意義が明確にされたことにより、DRLの医療法施行規則への取り入れを検討する必要がある。わが国でDRLを構築・運用するには、明確なガイドラインがある英国方式の採用を提案したい。

E. 研究発表

E-1. 論文発表

1. Shimono T, Tsuboyama T, Kuwabara M, Im S-W, Yagyu Y, Imaoka I, Ashikaga R, Hosono M, Murakami T. Discordance of motion artifacts on magnetic resonance imaging in Creutzfeldt-Jakob disease: comparison of diffusion-weighted and conventional imaging sequences. *Radiat Med* 2008;26:151-155.
2. Okada M, Murakami T, Kumano S, Imaoka I, Shimono T, Ashikaga R, Hosono M. Comparison between one-route and two-route injection for liver and aortic enhancement using MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190(6):323-326.
3. Yoh T, Hosono M, Komeya Y, Im SW, Ashikaga R, Shimono T, Tsuchiya N, Okada M, Hanada K, Yagyu Y, Nishimura Y, Murakami T. Quantitative evaluation of norcholesterol scintigraphy, CT attenuation value, and chemical-shift MR imaging for characterizing adrenal adenomas. *Annals of Nuclear Medicine* 2008;22:513-519.
4. Okubo M, Nishimura Y, Nakamatsu K, Okumura M, Shibata T, Kanamori S, Hanaoka K, Hosono M. Static and moving phantom studies for radiation treatment planning in a positron emission tomography and computed tomography (PET/CT) system. *Ann Nucl Med* 2008;22:579-586
5. Kuwabara M, Shimono T, Toyomasu M, Shioyama M, Mitsui Y, Yoshinaga E, Kawada A, Hosono M, Murakami T, Kusunoki S. Prominent ear sign on diffusion-weighted magnetic resonance imaging in relapsing polychondritis. *Radiat Med* 2008;26:438-441.
6. 細野 眞 新しい国際放射線防護基準 医療現場における対応 保物セミナー2008 要旨集 2008;113-114
7. 細野 眞 放射免疫療法の有効性 近畿大学医学雑誌 2008;33(3):193-198

8. 大場久照, 藤淵俊王, 三田創吾, 堀越亜希子, 岩永哲雄, 池淵秀治, 細野 眞 X線診療施設の遮へい評価法に関する調査研究 日本放射線技術学会雑誌 2009;65(1):57-63
9. 細野 眞 第IX章 炎症、核医学診断ガイドライン 2008 日本核医学会 2008年5月15日
10. 遠藤啓吾, 油野民雄, 江口研二, 岡本真一郎, 小椋美知則, 絹谷清剛, 日下部きよ子, 久保敦司, 佐治英郎, 飛内賢正, 成田浩人, 細野 眞, 山口一郎, 山下 孝, 池淵秀治, 中村吉秀 有痛性骨転移の疼痛治療における塩化 ストロンチウム-89 治療の適正使用マニュアル 2008年5月 日本アイソトープ協会
11. 山口一郎, 木村健一, 田中真司, 渡辺浩, 池田昌隆, 藤淵俊王. 最大加速電圧が10 MVの診療用高エネルギー放射線発生装置使用室電子直線加速器治療室内の熱中性子束計測. 日本放射線安全管理学会 2008;7(1):41-48
12. 笠原哲治, 藤淵俊王, 飯森隆志, 榊田喜正, 山口一郎. 医療用イメージングプレートと²³Na放射化検出器を利用したオドラジオグラフィ法によるサイクロトロン室内での熱中性子束測定の基礎的検討. 日本放射線安全管理学会 2008;7(1):49-54
13. I. Yamaguchi, H. Terada, M. N. Takahashi and H. Sugiyama. Quantitative Activation Analysis of Medical linear accelerator Target Assemblies. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 2008;278(2) 505-507.
14. Shigeru Suzuki, Shigeru Furui, Ichiro Yamaguchi, Masafumi Yamagishi, Toshi Abe, Ikuo Kobayashi, Takahiro Haruyama. Entrance Surface Dose during Three-dimensional Imaging with a Flat-panel Detector Angiography System JVIR. 2008; 19(9):1361-1365
15. 山口 一郎, 大山 正哉, 大場 久照, 加藤 英幸, 木田 哲生, 木村 健一, 田中 真司, 長岡 宏明, 早川 登志雄, 藤淵 俊王, 保科 正夫, 星野 豊, 宮浦 和徳, 渡辺 浩. 医療用放射性廃棄物の課題とは何か? 日本放射線技術学会誌 2008;64(10):1314-1320
16. Igaki H, Nakagawa K, Uozaki H, Akahane M, Hosoi Y, Fukayama M, Miyagawa K, Akashi M, Ohtomo K. Pathological Changes in the Gastrointestinal Tract of a heavily radiation-exposed worker at the Tokai -mura criticality accident. J Radiat Res (Tokyo). 2008 Jan;49(1):55-62
17. 大場久照, 松谷秀哉, 柏倉幾郎. 放射線技術科学専攻学部生の情報リテラシーに関する調査研究. 日本放射線技術学会雑誌 (in press)
18. 大場久照, 谷川琢海, 小笠原克彦. 移動選好指数を用いた受療動向の評価に関する基礎的研究. 日本医療・病院管理学会誌, 45(4), 299-310, 2008.
19. 大場久照. エントロピー理論を用いた受療動向分析による二次医療圏の医療機能評価ー北海道国民健康保険患者レセプトデータの解析ー. 北海道医学雑誌, 83(3), 193-204, 2008.

E-2. 学会発表

1. Hosono M, Komeya Y, Usami K, Yamazoe Y, Im SW, Hanada K, Tsuchiya N, Okada M, Yamamoto K, Itoh T. Reduction in radiation exposure to patients and personnel in