

放射線防護部会誌

第41号 2015.10.8 発行

●巻頭言 放射線防護委員会 & 日本の診断参考レベル元年

放射線防護部会 部会長 塚本 篤子

●第41回放射線防護部会（撮影部会，JIRA 共催）

・テーマ「CT 撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」

教育講演

医療被ばくの放射線防護～正当化および最適化の現状と課題～

放射線医学総合研究所 赤羽 恵一

パネルディスカッション「CT における線量最適化の現状と課題」

1. 「X線 CT 撮影における標準化～GALACTIC～」の改訂
2. DRL 構築のための線量管理「装置から提供される情報」
3. DRL 構築のための線量管理「線量情報管理システム」
4. CT における診断参考レベルの設定について
5. 小児 CT における撮影条件設定の考え方
6. 我が国の小児 CT で患児が受ける線量の実態

千葉市立海浜病院 高木 卓
JIRA 放射線・線量委員会 山崎 敬之
JIRA 医用画像システム部会 伊藤 幸雄
DICOM 委員会
広島大学病院 西丸 英治
名古屋市立大学病院 坪倉 聡
浜松医科大学医学部附属病院 竹井 泰孝

●専門講座6（放射線防護）

日本の診断参考レベルと活用方法

総合病院国保旭中央病院 五十嵐 隆元

●入門講座8（放射線防護）

放射線防護で扱う単位と用語の活用法

筑波大学 磯辺 智範

●市民公開講座

・テーマ「放射線と食の安全 ～日本の食文化を守るために～」

1. ここがポイント！放射線と放射能 ～医療での利用を含めて～
2. 食品に含まれる放射性物質 ～内部被ばくと外部被ばくは違うの？～
3. 放射線と食品のリスク ～食の安全を確保するためには～

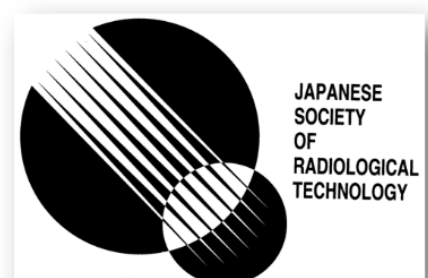
NTT 東日本関東病院 塚本 篤子
名古屋医療センター 広藤 喜章
国立医薬品食品衛生研究所 畝山 智香子

●世界の放射線防護関連論文紹介

広島大学病院 西丸 英治
福島県立医科大学 大葉 隆

●第6回放射線防護セミナーの参加報告

●防護分科会誌インデックス



放射線防護委員会 & 日本の診断参考レベル元年

部会長 塚本 篤子
放射線防護部会

平成 27 年度から、放射線防護委員会が小倉代表理事の直轄委員会としてできたことを、皆さんご存知でしょうか？

放射線防護委員会の役目としては、“学会における放射線防護への取り組み、医療放射線被ばくの最適化の推進、放射線被ばくに関わる調査およびコメント・声明の発信、放射線被ばくに関わる相談、放射線被ばくに関連した市民公開シンポジウム等の開催、その他の放射線防護および放射線被ばくに関すること”となり体外的な部分および総括的な役割を持ちます。それに伴い、専門部会である放射線防護部会は、“放射線技術学における基礎ならびに臨床応用に関する専門分野の研究促進、ならびに関連領域との交流を図り、学術の発展向上に資することを目的とする”で、主に日本放射線技術学会会員向けの役割を持ちます。放射線防護委員会の初代委員長は、総合病院国保旭中央病院の五十嵐隆元氏が、放射線防護部会の部会長には NTT 東日本関東病院の塚本が就任いたしました。よろしくお願いいたします。

さて、日本の診断参考レベル（Diagnostic Reference Level : DRL）が、2015（平成 27）年 6 月 7 日（日）に医療被ばく研究情報ネットワーク（Japan Network for Research and Information on Medical Exposures : J-RIME）から発表されました。日本放射線技術学会は、J-RIME の所属学会であり、DRLs 策定のためにデータの提供を行っています。DRLs として、CT 撮影、一般撮影、マンモグラフィ、口内法 X 線撮影、IVR、核医学が公表されました。DRLs は、患者さんの利益を損ねないために線量限度がない医療被ばくにおいて、放射線防護の最適化のための有効なツールとして使用できるものです。放射線防護部会会員の皆様や、放射線防護に興味がある診療放射線技師の方々は、もうご覧になって利用している施設もあることと思います。ぜひ、利用されたご意見等をお寄せください。この診断参考レベルは、今回だけのものではありません。時期を見て見直していき、最適化を進めるために利用すべきものです。次期の見直し（公表）がいつあるか決まっていません。そのためのデータやエビデンスが必要になってきます。ぜひ、積極的にかかわっていきましょう。また、放射線防護委員会や放射線防護部会、支部の放射線防護関係の皆様などで、診断参考レベルの普及のための講演会が各地で開かれています。私たち放射線防護部会も普及に努めますが、日本の診療放射線技師すべてに知っていただくためには、皆様の力が必要です。ぜひ、友人や先輩、後輩と意見交換をして、盛り上げてください。日本の医療被ばく最適化推進のために、力をあわせて頑張りましょう!!

放射線防護部会誌 第41号

目次

●巻頭言	放射線防護委員会&日本の診断参考レベル元年			
	放射線防護部会 部会長	塚本 篤子	・・・	1
●目次	・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・			2
●第41回放射線防護部会（撮影部会, JIRA 共催）				
日時	2015年10月8日（木） 13:30～17:30	第1会場（大ホール）		
・テーマ	「CT 撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」			
教育講演				
医療被ばくの放射線防護～正当化および最適化の現状と課題～	放射線医学総合研究所	赤羽 恵一	・・・	4
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」				
1. 「X線CT撮影における標準化～GALACTIC～」の改訂	千葉市立海浜病院	高木 卓	・・・	6
2. DRL構築のための線量管理「装置から提供される情報」	JIRA放射線・線量委員会	山崎 敬之	・・・	11
3. DRL構築のための線量管理「線量情報管理システム」	JIRA医用画像システム部会 DICOM委員会	伊藤 幸雄	・・・	16
4. CTにおける診断参考レベルの設定について	広島大学病院	西丸 英治	・・・	21
5. 小児CTにおける撮影条件設定の考え方	名古屋市立大学病院	坪倉 聡	・・・	27
6. 我が国の小児CTで患児が受ける線量の実態	浜松医科大学医学部附属病院	竹井 泰孝	・・・	32
●専門講座6（放射線防護）				
日時	2015年10月9日（金） 13:30～14:15	第6会場（羽衣）		
日本の診断参考レベルと活用方法	総合病院国保旭中央病院	五十嵐隆元	・・・	36
●入門講座8（放射線防護）				
日時	2015年10月10日（土） 9:45～10:30	第3会場（第5/6会議室）		
放射線防護で扱う単位と用語の活用法	筑波大学	磯辺 智範	・・・	39
●市民公開講座				
日時	2015年10月10日（土） 13:00～16:30	第1会場（大ホール）		
・テーマ	「放射線と食の安全 ～日本の食文化を守るために～」			
1. ここがポイント！放射線と放射能 ～医療での利用を含めて～	NTT東日本関東病院	塚本 篤子	・・・	44
2. 食品に含まれる放射性物質 ～内部被ばくと外部被ばくは違うの？～	国立病院機構名古屋医療センター	広藤 喜章	・・・	49

3. 放射線と食品のリスク ～食の安全を確保するためには～	国立医薬品食品衛生研究所	畛山智香子 . . .	53
●世界の放射線防護関連論文紹介			
1. Effect of staff training on radiation dose in pediatric CT	広島大学病院	西丸 英治 . . .	56
2. Units related to radiation exposure and radioactivity in mass media: the Fukushima case study in Europe and Russia	福島県立医科大学	大 葉 隆 . . .	60
●第6回放射線防護セミナーを受講して			62
●防護分科会誌インデックス			64
・部会内規			74
・編集後記			75
・入会申込書			76
・防護部会委員会員名簿			77

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」 教育講演

医療被ばくの放射線防護～正当化および最適化の現状と課題～

赤羽 恵一
放射線医学総合研究所 医療被ばく研究プロジェクト 医療被ばく研究推進室

1. はじめに

日本は「医療被ばく大国」と言われ続けて久しい。一人当たりの医療被ばくの大きさは、世界的に見て最大と言えるレベルであり、適切な防護の必要性も認識されてきた。2011 年 3 月 11 日には、東日本大震災・福島第一原子力発電所事故が起き、物理的に大きな被害を生じると共に、放射性物質の飛散による被ばくが大きな問題になっている。事故後 4 年以上が経過した現在でも、国民の放射線防護に対する関心が高くなっており、医療被ばくの防護の意義は、以前にも増して重要になってきたと言える。このような状況の中、正当化および最適化の現状と課題を改めて確認したい。

2. 患者の医療被ばく

国際放射線防護委員会（ICRP）の放射線防護体系では、被ばくが職業被ばく・公衆被ばく・医療被ばくの三つに分けられ、それぞれに対する防護の必要性和基準が述べられている。日本の放射線関連法令では、職業被ばくと公衆被ばくに対しては、線量限度や施設基準などが規定され、実際に防護が実践されている。しかしながら、患者の医療被ばくに直接関係する項目は存在せず、医療従事者や装置等の製造者、関連団体等の自主的な防護の実践に委ねられていると言わざるを得ない。

3. 正当化

医療において放射線を利用するかどうかの判断、すなわち正当化は、医師あるいは歯科医師によって行われる。その場合、専門団体や組織が示したガイドライン等が有用である。日本では、日本医学放射線学会・日本核医学会等がガイドラインを出しており、大変参考になるものである。しかしながら、強制力は伴わないため、必ずしも多くの医療施設で利用されているとは言い難い。

4. 最適化

正当化の判断がなされた後に、放射線の線量設定と照射を適切に行うこと、すなわち最適化は、放射線診療に直接的あるいは間接的に従事するスタッフによって実践される。放射線診断については、ICRP

は診断参考レベル（DRL）の利用を勧告しており，海外では既に取り入れている国々も多い．日本では日本診療放射線技師会が，独自のガイドラインを出していたが，広く利用されるには至らなかった．最近になって，医療被ばく研究情報ネットワーク（J-RIME）が，「最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定」と題し，オールジャパンとしての DRL をまとめた報告書を公開した．11 の組織が連名で，2 組織が協力に名を連ね，平成 27 年 6 月 7 日付けで出されたものである．規制に無い状況は変わらないものの，放射線診断における防護の最適化の推進に大きな役割を果たすことが期待されている．

4. 終わりに

放射線防護において，線量評価とリスク評価は基礎的な事項であり，重要性が非常に高い．線量に関する実際のデータ収集・解析については，国内では日本放射線技術学会が果たす役割は大きいと言える．会員の皆様が，医療放射線防護に関心を持たれ，最新の知見を得つつ，積極的に活動をされていくことを期待したい．

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」

1) X 線 CT 撮影における標準化～GALACTIC～の改訂

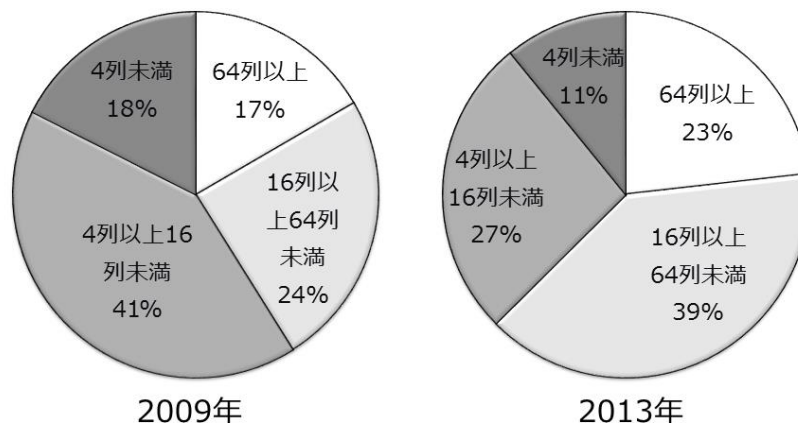
高木 卓
千葉市立海浜病院

1. はじめに

今日の診療において画像診断の役割は重要であり、なかでも CT 検査がその中心的な役割を担っていると言っても過言ではない。マルチスライス CT の登場以降、装置性能の向上は目覚ましく、データ収集(撮影範囲・撮影時相・造影方法)、画像処理、画像保存、被ばく管理を含めた検査プロトコルは各施設独自の考えで構築が行われ、標準的な X 線 CT 撮影技術は確立されていなかった。2008 年撮影分科会(現在の撮影部会)が中心となり、学術調査研究班「X 線 CT 撮影における標準化班」が組織され、2 年間の検討を経て 61 の部位・疾患別に詳細な CT 撮影方法を記載した日本放射線技術学会の叢書「X 線 CT 撮影における標準化～ガイドライン GuLACTIC～」が 2010 年に発刊された[1]。これにより CT 検査の標準化に向けた貴重な第一歩を踏み出すことが出来た。そして今般、ガイドラインの発刊から 4 年が経過したことから、CT 装置の性能向上および検査技術の進歩に対応するため、平成 26 年度学術調査研究班「X 線 CT 撮影における標準化(改訂班)」が組織され、ガイドラインの改訂作業を行った。本ワークショップでは、ガイドライン改訂の内容、特に最適化に関する取り組みを中心に解説を行う。なお、ガイドラインの標章は、初版の“構築”Guide Line for All CT Imaging: Construction (GuLACTIC)から、“CT 撮影技術の基本的な考え方のガイドライン”であることを踏まえ、Guideline for ALL About CT exams: Imaging Concept (GALACTIC)に変更を行った。

2. CT 撮影における標準化(初版)の意義と問題点

初版の研究班が発足した当時(2009 年)のマルチスライス CT の内訳(Fig. 1)は、64 列以上の装置の導入も進んでいたが、16 列未満(主に 4 列)の装置が約 6 割を占めており、装置性能に大きな差があった[2, 3]。しかし、標準化を進めるためには、多く施設・装置で実施可能な撮影プロトコル(撮影範囲・撮影時相・造影方法・画像処理)の構築が必要であり、初版では「CT 検査の質の向上」に重点を置いたプロトコルの作成が行われた。改めて、CT 撮影の標準化(初版)の意義を考えると、「新たな試みとして学会が撮影ガイドラン(標準化)を作成した」、「臨床における利便性を重視したプロトコルの作成を行った」、「学会会員が研究班を組織し意見の統一を行った」、などが挙げられる。また問題点としては、「臨床における利便性を考慮したプロトコルのためエビデンスが十分でない部分が多い」、「被ばく線量の最適化に向けた取り組みが不十分である」、などが挙げられる。



月刊新医療 マルチスライスCT機種別台数表より引用

Fig. 1 マルチスライス CT 稼働状況

2009 年では 16 列未満の装置が約 6 割，2013 年では 16 列以上の装置が 6 割を占める

3. 研究班(改訂班)の構成

研究班は，学術調査研究班の班員 8 名に加え執筆協力者 17 名で構成された．また，専門部会にも協力を依頼し，撮影部会委員 2 名，放射線防護委員会委員 2 名にもご協力を頂いた．更に，放射線専門医 5 名にも参加を頂き，ガイドライン全体の構成および検査プロトコルへのご意見を頂いた．

4. 検査・画質・線量の最適化に向けて

4-1. 診断及び治療に関するガイドラインとの整合性の確保

今回の改訂では，プロトコルの正当化と画質及び線量の最適化を進めるため，日本医学放射線学会・日本放射線科専門医会から出版された「画像診断ガイドライン 2013 年度版 4)」や様々な疾患の診断および治療に関するガイドラインを参考図書として，CT 検査の有用性，撮影方法に関する記載内容を精査し，作成するプロトコルの部位・疾患の見直しを行った．その結果，診断及び治療に関するガイドラインに記載のある「推奨プロトコル」として 43 部位，記載はない(もしくは少ない)が研究班として今後標準化が必要と判断した「参考プロトコル」として 9 部位を掲載した．

4-2. 画質の設定(CT-AEC の利用と設定の記載)

CT-AEC は画質の安定化と被ばく線量の最適化に有効なツールといえる[5]．初版では，体幹部を中心に「CT-AEC の使用」を Recommendation に記載したが，具体的な設定について記載することが出来なかった．しかし，CT-AEC の使用だけでは診断能の確保と患者線量の管理を行うことは難しいため，今回の改訂では可能な限り多くの撮影プロトコルに CT-AEC の設定について記載を行った．CT-AEC の設定方法を記載するためには，メーカーおよび装置毎に異なる CT-AEC の設定及び特性に対応する必要がある．研究班において記載方法について検討を行った結果，各装置に入力する固有の設置値で

はなく、CT-AECを使用して得られる画像のSD値を基準として、以下の書式で記載を行うこととした。

「CT-AECは標準関数の○mmスライス厚で画像SDが○○程度となるように設定する」

また、画像SDを指標として用いるため、画像再構成法は従来からの filtered-back-projection (FBP)法を基本とし、非線形画像再構成法である逐次近似(応用)型画像再構成法への適応は見送ることとした。

4-3. 診断参考レベルの記載

診断参考レベルは、放射線診断における防護の最適化を推進するためのツールとしてICRPより使用が推奨されている[6]。今回の改訂では2015年6月に設定された本邦の診断参考レベルをプロトコルシートに記載を行った[7]。また、研究班では診断参考レベルは被ばく線量管理のツールとしてだけでなく、前述したCT-AECの設定に際し、各施設で画質と被ばく線量の検討を行う重要な補助ツールとして利用することを想定している。

4-4. 被ばく線量管理関連のAppendixの追加

初版では、総論の中でCT検査に関係する4項目に関して詳しい解説が記述した。第2版ではそのうち3項目の改訂と、最新のCT検査技術や検査法に関する4項目、被ばく線量管理に関する3項目を追加してAppendixにまとめて記述した(Table 1)。「被ばく線量管理」では、CT検査で使用される線量評価値の解説と臨床利用における注意点、診断参考レベル、患者線量管理に関して記載を行った。「診断参考レベルとは」、「CT検査と線量情報の収集」は、放射線防護委員会に寄稿して頂いた。「診断参考レベルとは」では、診断参考レベルの基本事項・設定・運用・注意事項について詳しく記載をして頂いた。「CT検査と線量情報の収集」では、医療被ばく管理の必要性、電子的な被ばく情報の収集方法、被ばく線量管理で必要となる標準コードについて詳しく記載をして頂いた。

Table 1 Appendix 一覧

・造影技術	[改訂]
・CT用自動露出機構 (CT-AEC)	[改訂]
・逐次近似再構成法	[追加]
・小児被写体	[改訂]
・四肢骨・関節CTの解説と画像作成法	[追加]
・冠動脈CT画像表示方法	[追加]
・CTコロノグラフィー	[追加]
・小児中耳副鼻腔	[追加]
・被ばく線量管理	[追加]
・診断参考レベルとは	[追加]
・CT検査と線量情報の収集	[追加]

「被ばく線量管理」では、CT検査で使用される線量評価値の解説と臨床利用における注意点、診断参考レベル、患者線量管理に関して記載を行った。「診断参考レベルとは」、「CT検査と線量情報の収集」は、放射線防護委員会に寄稿して頂いた。「診断参考レベルとは」では、診断参考レベルの基本事項・設定・運用・注意事項について詳しく記載をして頂いた。「CT検査と線量情報の収集」では、医療被

ばく管理の必要性，電子的な被ばく情報の収集方法，被ばく線量管理で必要となる標準コードについて詳しく記載をして頂いた。

5. 改訂第2版の意義と問題点

CT装置性能と検査技術の向上に対応するため，標準化プロトコルの改訂を行った意義は大きいと言える。また，CT検査プロトコルの精度向上と被ばく線量の最適化に向け，CT-AECの設定や診断参考レベルの記載，被ばく線量管理に関しても詳細な記載を行った。しかし，改訂を行った現段階においても，画質や被ばく線量に関してはエビデンスが十分ではない部分も多く，課題が残されているのも事実である。今後も学会において継続的に議論が行われることを期待したい。また，定期的な改訂も必須となるであろう。

6. CT撮影における標準化と最適化の未来

CT撮影における標準化（GALACTIC）は今回の改訂により，標準化と最適化に向けて大きく前進することが出来た。これは，班員および執筆協力者，協力医師，撮影部会，防護委員会のご協力によるものであり，そのご尽力に深く感謝を申し上げたい。そして今回の改訂により，GALACTICの標準化と最適化に向けた未来が明確となった。それは，GALACTICが真の標準化プロトコルとして社会的に承認されることで，プロトコル毎に電子的な標準化コードを付加し，より多くの部位・疾患に対して最適化に向けてた線量情報の収集・診断参考レベルの設定が実現可能となると考える。

7. CT撮影における標準化と最適化の未来

改訂されたGALACTICが示す標準化は，総合的なCT検査の質の担保と被ばく線量の最適化である。検討すべき点は多く残されているが，今後も継続的な改訂作業を繰り返し精度の向上を目指していく予定である。

参考文献

- [1] 日本放射線技術学会：X線CT撮影における標準化～ガイドライン GuLACTIC～.放射線医療技術学叢書（27），2010
- [2] マルチスライスCT機種別台数表.月刊新医療. 2009（12）
- [3] マルチスライスCT機種別台数表.月刊新医療. 2013（12）
- [4] 日本医学放射線学会，日本放射線科専門医会・医会編：画像診断ガイドライン 2013年版，2013. 金原出版.東京
- [5] ICRP,2000d.Managing patient dose in computed tomography, ICRP Publication87.Ann.ICRP30(4)

[6] ICRP, 1996a. Radiological protection in medicine. ICRP publication 73. Ann. ICRP 26(2)

[7] <http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」

2) DRL 構築のため線量管理「装置から提供される情報」

山崎 敬之
(一社) 日本画像医療システム工業会 放射線・線量委員会 副委員長

1. はじめに

医療用放射線機器の画像提供から得られる便益と放射線による人体への影響のリスクを考える上で、リスクとなる放射線の線量を最小限にとどめることで画像情報から得られる便益を最大限にする事が出来る。便益を最大限に引き出す為には、放射線による検査の正当化および最適化の推進が必要になる。この最適化の有力なツールとして診断参考レベル (Diagnostic Reference Level : DRL) がある。

2. 放射線線量の最適化と線量管理の位置づけおよび動機付け

放射線診断機器の製造業者は、この正当化および最適化の推進のために、線量低減機能や使用者の最適化操作をサポートする機能の開発に加え、使用者が推進する最適化活動に積極的に協力していく事が必要である。使用者が推進する正当化および最適化の活動として、医療機関における品質保証(QA)の推進、線量指標の標準化、個人に対する放射線の積算線量の影響評価および有効性評価の一つである臨床評価などがある。中でも個人の積算線量データを基に影響評価をする活動は、個人に対する放射線検査のリスクと便益の正当化を行ううえでも重要な評価要素となる。さらに、これらの活動の推進をサポートする活動として、検査で使用した放射線の線量を管理する活動(線量管理)が挙げられる。言い換えると、線量管理の目的は、線量データをこれらの活動に利用するために管理することである。

線量管理は正当化および最適化活動に有効に利用できる一方で管理する為の設備や人材に対する費用や管理データを有効に使う為のデータ管理システムの標準化も必要となり、これらの費用や労力を費やす為の動機付けが必要となる。動機付けには、安全上の観点から義務付ける法制化と利益の観点からその対価に対し支払う診療報酬が挙げられる。

3. 海外における医療放射線管理の動向

各国の法規制につながる国際的な動きとして、放射線検査が増加し、全ての検査が本当に必要であったかの疑問が国連科学委員会 (UNSCEAR) から報告されたのを契機に国際原子力機関 (IAEA) が立ち上げた「Smart Card/SmartRadTrack」プロジェクトの成果として患者の放射線被ばく管理 (Patient Radiation Exposure Tracking : PRET) に対する宣言を関連国際団体および米国および欧州の主要団体が共同で採択

し、参加各国に線量管理推進を促している。PRET に対する共同宣言の概要は、下記 6 項目である。

- 様々な放射線検査に対する管理の有効性（個人線量管理，正当化・最適化のサポート，診断参考レベル (DRL)の確立，監査，臨床評価など）
- 優先的に放射線被ばく管理に対応するモダリティ（X線 CT 装置, IVR 装置および核医学装置）
- 各国の関連法規と整合した放射線被ばく管理に関する要求事項の検討
- PACS や HIS/RIS などの IT 技術の進歩と各画像に関連する標準単位系で同じフォーマットの線量データおよび電子医療情報(EHR)の利用の増加推進
- 様々なレベル（病院グループ，国家，国際）に向けた放射線被ばく管理のテンプレート作成
- 放射線被ばく管理採用における課題の取り込み

米国では，IAEA のプロジェクトや UNSCEAR からの報告に加え，2007 年に発生した CT パフュージョン撮影時の過剰照射を契機に米国食品医薬品局(FDA)の要請で，関連ステークホルダーによる対応を検討する会議が招集された．その対応策の一つとして線量管理も挙げられた．ステークホルダー会議において，法規制は放射線管理プログラム部長会議(CRCPD)，関連医療機器や医療情報システムの標準化は工業会である米国の医用画像工学関連機器事業部会（MITA）が主導で推進することが確認された．また，標準化されたシステムの検証は，使用者側として米国放射線学会（ACR）がパイロットランを実施し妥当性の確認を行っている．

4．製造業者の役割と標準化－RDSR（Radiation Dose Structured Report）の推進

製造業者が放射線線量の最適化に貢献できる分野は，大きく分けて線量低減技術開発，最適化のための操作サポート機能開発，使用者の主導する最適化活動のサポートの 3 つに分類される．線量低減技術には，不要な X 線を物理的に低減する機能などがあり，最適化のための操作サポート機能は，操作者が各患者個人に対する X 線検査時に行う照射する放射線線量の最適化操作の簡便性を向上させるための機能で，スキャン条件の事前設定/プロトコル，線量指標の表示などがある．これらの機能の殆どは，放射線安全関連の IEC 規格として標準化されている．使用者の主導する最適化活動として，医療機関における品質保証活動(QA)，線量指標の標準化や推奨，個人への影響評価，臨床評価，線量管理，トレーニングなどがあるが，製造業者も使用者の活動をサポートすることで，間接的にだが最適化に貢献をする必要がある．

これらのサポートの代表的活動が，放射線機器や接続される IT システムの関連機能，機能の評価方法および管理する要素の標準化であり，

- アクセスコントロール（適切な使用者の限定）機能
- 線量指標や画像および関連スキャン設定の記録機能
- 品質管理（QC）で採用する試験項目や試験方法（受入試験・不変性試験，IVR・乳房用 X 線装置の User QC 規格など）

- 線量指標の定義（表 1 参照）
- DICOM ヘッダタグや線量構造化レポート(RDSR)に割り付ける線量や画質関連の情報の内容
- これらの線量情報の表示/記録や転送および匿名化を可能にするための機能

などが IEC, NEMA, DICOM, Integrating the Healthcare Enterprise(IHE) Radiation Exposure Monitoring (REM)プロファイルで標準規格化されている。米国では、これらの標準化された機器及びシステムを採用して、ACR が参加施設を募ってデータを蓄積している Dose Index Registry (DIR)が稼働している。ACR DIR は 2011 年 5 月から稼働し、2.5 年間で約 500 施設が積極的にデータを提供し、約 600 万件の検査情報が収集されている。

日本においても医療被ばく研究情報ネットワーク（J-RIME）に DRL ワーキンググループが発足し、CT だけでなく IVR、透視、撮影など放射線画像診断全般に亘るオールジャパンの DRL 制定を推進した結果、2015 年 6 月に DRL が公表された。DRL は、調査対象の偏りの影響を除き、標準的な体型に対し制定する必要があるため、今後の DRL の維持・見直しにも広範囲な検査時の線量データ収集の必要がある。広範囲に容易な線量データ収集が可能な電子的なデータ収集への要望が高まるものと予想される。医療関係団体や病院施設による DIR の試験運用が始まっており、DRL 構築に向けた体系的な National Radiology Data Registry (NRDR)のデータ収集のためには、ACR DIR のような電子的なデータ収集が望まれる。

5. 現在の課題と今後の方向性

パイロットランによるフィードバックからモダリティ間で線量指標や検査表記などが異なっている事で収集したデータの標準化が限定的でデータ解析が思うように行えなかったり、患者被ばく線量に変換する作業など手作業が必要となったり、収集データに偏りが見られたりというような様々な課題も出てきた。これらを改善するために、線量指標の決定（CT の新たな線量指数として Size Specific Dose Estimation(SSDE)、IVR、一般透視・撮影装置における基準空気カーマ、CR/DR 装置における Exposure Index など）、個人線量の記録機能（生涯にわたる線量レポートの収集）、線量マッピング機能（モダリティ機器からマッピングワークステーションへのデータの記録）、患者影響評価（例として妊娠患者の特定）のための情報提供機能などの標準化が検討されている。これらの検討が進めば、全体の最適化の活動に対しさらなる貢献をしていく事になる。また、CT に続き、IVR、一般透視・撮影装置の RDSR を推進するために、各国工業会／学会、国際規格の場で標準化が進められている。モダリティごとの線量指標と RDSR の標準化の状況を Table 1 に示す。

Table 1. モダリティごとの線量指標と RDSR

モダリティ	個別規格 (RDSR の出力)	線量指標	RDSR の内容	
			DICOM 規格	IEC 規格
CT	IEC60601-2-44	CTDI	DICOM Dose SR Sup 94	IEC60601-2-44
IVR, 一般透視 ・撮影装置	IEC60601-2-43 IEC60601-2-54 (計画中)	基準空気カーマ	DICOM Dose SR Sup 94, CP-1223	IEC/PAS 61910-1 ed.1 IEC 61910-1 ed.1
CR/DR	IEC60601-2-54 (計画中)	Exposure Index	DICOM Dose SR CP-1077	IEC62494-1
乳房用 X 線装置	IEC60601-2-45 (計画中)	平均乳腺線量 (AGD)	DICOM Dose SR CP-687	IEC60601-2-45

適切な基準が迅速に医療行為にフィードバックされるために、これらの課題を克服し、線量情報をモダリティ、手技、年齢性別などの幅広い条件に沿ってバランスよく収集し、現在パイロットランで実施されている活動をさらに拡大していく方向となる。よって、医療機関および患者に有効な線量情報を提供するために、各国それぞれの人種、環境、法規制や医療システムの違いなどを考慮した線量管理システムを構築する活動を各々のステークホルダーが連携し国家レベル、国際レベルで推し進めていく必要がある。

参考文献

- [1] IEC 60601-2-44:2009 ed3.0, Medical electrical equipment – Part 2-44: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for computed tomography
- [2] IEC 61223-3-5:2004, EVALUATION AND ROUTINE TESTING IN MEDICAL IMAGING DEPARTMENTS –Part 3-5: Acceptance tests –Imaging performance of computed tomography X-ray equipment
- [3] IEC 61223-2-6:2006 ed2.0, EVALUATION AND ROUTINE TESTING IN MEDICAL IMAGING DEPARTMENTS -Part 2-6: Constancy tests -X-ray equipment for computed tomography
- [4] IEC 60601-2-43:2010 ed2, Medical electrical equipment - Part 2-43: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for interventional procedures
- [5] IEC 61910-1:2014 ed. 1.0, MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT – Radiation dose documentation - Part 1: Radiation dose structured reports for radiography and radioscopy
- [6] IEC 60601-2-54:2009 ed1, Medical electrical equipment - Part 2-54: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for radiography and radioscopy
- [7] IEC 60601-2-45:2009 ed3, Medical electrical equipment - Part 2-54: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for mammographic X-ray equipment and mammographic stereotactic devices
- [8] IEC62494-1:2008 ed1, Medical Electrical equipment – Exposure index of digital X-ray imaging systems –

Part 1: Definitions and requirements for general radiography

- [9] IEC62220-1:2003 ed1, Medical electrical equipment – Characteristics of digital X-ray imaging devices – Part 1: Determination of the detective quantum efficiency
- [10] IAEA Radiation Protection of Patients (RPoP), <https://rpop.iaea.org/RPoP/RPoP/Content/index.htm>
- [11] Tracking Radiation Safety Metrics,
<http://www.fda.gov/Radiation-EmittingProducts/RadiationSafety/RadiationDoseReduction/ucm299368.htm>
- [12] ACR DIR Registry, <https://nrdcr.acr.org/Portal/DIR/Main/page.aspx>
- [13] DIR Data Base, <http://www.acr.org/Quality-Safety/National-Radiology-Data-Registry/Dose-Index-Registry>
- [14] NRDR, <https://nrdcr.acr.org/Portal/Nrdcr/Main/page.aspx>
- [15] DICOM Standard, <http://medical.nema.org/standard.html>
- [16] IHE REM Profile, http://wiki.ihe.net/index.php?title=Radiation_Exposure_Monitoring
- [17] 放射線医学総合研究所 CT 撮影における被ばく線量を評価する Web システム
http://www.nirs.go.jp/information/press/2012/12_21_2.shtml

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」

3) DRL 構築のため線量管理「線量情報管理システム」

伊藤 幸雄
JIRA 医用画像システム部会 DICOM 委員会 委員長

1. はじめに

2015 年 6 月 7 日に J-RIME が「最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定」報告書において、日本版診断参考レベル (DRLs 2015) を発表した[1].

このことは、我が国における線量情報の蓄積の始まりであるとともに、今後、蓄積、分析されていく線量情報は、将来の医学に貢献する資産である。このため、将来を見据え、その時々で必要な分析を行えるように、システムの基本設計をするチャンスと考える。

DRL を構築するための線量情報管理システムとしては、すでに米国で DIR (Dose Index Registry) や NRDR(National Radiology Data Registry)が稼働しており、また、DICOM や IHE という画像を含む医療情報を交換するために標準規格が利用されている実績があるが、これからシステム基本設計が開始されるであろう「日本の線量情報管理システム」について、現状と考えるべきことについて検討する。

2. 線量管理システムの現状と課題

線量管理システムの現状として、米国のシステムについて簡単に紹介する。ACR が CT Dose Registry を 2011 年 5 月に稼働させ、2013 年 8 月時点で 750 施設が登録、465 施設からデータが提供されている。また、個人に関する情報が匿名化された収集情報は、年齢、部位を元に分類され CTDIvol, DLP が比較できるようになっている。また、NRDR に、医用画像とそれに関連する電子情報をセキュアで効率的に堅牢にアクセスするために、TRAID (Transfer of Image and Data) と呼ばれるプラットフォームが ACR で開発され、個人情報情報を自動的に削除できるようになっているほか、データについては DICOM RDSR (Radiation Dose Structured report)が、ワークフローについては IHE REM プロファイルが標準化されている。また、運用面においては、HIPPA 法によって、アメリカの医療機関における患者情報の機密性、統合性、および可用性を維持することを目的に法律²⁾が定められている。

我が国の現状としては、J-RIME が 2010 年 3 月に関係団体が医療被ばく研究情報を共有して連携するための組織として設立された。その後、DRL ワーキンググループが立ち上がり、J-RIME の各構成団体が共同して、透明性・客観性に配慮しながら、診断線量の定義や調査手法を詳細に検討、大規模な全国調査の実施、結果を集計・分析し、国内外の専門家のコメントを考慮し、委員が討論を重ね、我が国ではじめて確立された標準として「DRLs 2015」が公表された。

今後、DRL の国内における理解、普及、定着に向けては、DIR や NRDR などのシステムが必要になる。これらのシステムは、米国をモデルとして参考にすることはできるが、日本の医療に適したシステムに

するには、J-RIME の各構成団体が共同で利用、また、団体単位に調査したい情報を管理できるなど、要求定義を今のうちにすべきと考える。

3. 線量情報管理システムの設計

線量情報管理システムの設計について、管理するデータ、システムに求められる機能、システムを運用するためのルールについて検討してみる。

3-1. 線量管理のためのデータ

- ・撮影（パラメータ）に関する情報

X線CT装置に関する情報として、管電圧、管電流、X線管回転速度、収集スライス数、視野（FOV）、コリメーション、ヘリカルピッチ、再構成スライス厚などの撮影基本情報のほか、CTDI や DLP に代表される標準的な照射線量が対象となるが、今後の撮影技術の進歩や装置性能の向上に対応できるように、データ構造を設計（データベース設計）する。また、他のモダリティについても同様に、拡張性のある設計とする。

- ・患者に関する情報

年齢、性別、体重、身長、体格等。

ただし、DRL で利用するために個人を特定できなくするための匿名化処理が必須となる。

- ・地域に関する情報

当道府県、市町村などの地域に関する情報など。

- ・装置に関する情報

装置名、モデル名、製造年度、保守点検状況等。少なくとも、精度管理がされている装置であることをデータとして記録する必要がある。

3-2. システムに求められる機能

- ・施設内でデータを集める機能

日々の検査業務に、DRL 用のデータを取集するための作業を追加するのは難しいと考える。このため、X線CT装置が自動的にRDSRを作成できること。それをPACSや院内DIRに送信できること。また、PACSに保存したRDSRを、検索取得できるなど、業務負担を低減できる機能を用意すること。

- ・施設で集めたデータを外部に送信する機能

IHE-REM では、セキュア FTP 等による施設間通信を規定している。しかし、我が国においては、各施設のセキュリティを確保するために、院外の施設とネットワーク接続するのはかなり難しい状況である。このため、施設外にデータを持ち出す方法を国内の実情にあわせてルール化する必要がある。

- ・集めたデータを自動的に分析し、レポートを作成する機能

収取したデータの自動分析機能の設計を行う。また、分析した結果を、グラフや表を含めて自動的に作成する機能が必要と考える。DRLs 2015 では、443 施設のデータが放射線医学総合研究所に集められているが、今後、参加する施設が増加した場合に、人手を介さずにデータの整理、報告データの作成ができる機能が必要となる。

3-3. 運用をスムーズ行うためのルール作り

DRL の構築は、多施設間の連携が必須である。施設間でデータを交換する場合、各々の施設で倫理審査が発生するものと想定する。

これから先、多くの施設が DRL の普及、定着に向けて、プロジェクトに参加することになるが、参加される施設に対して、倫理審査に関わる作業の軽減を検討する必要がある。

施設間で取り交わす契約書等の標準化を進め、参加を希望する施設がスムーズに契約を取り交わせる状況を準備することも、DRL の普及に向けて重要と考える。

基本的に、線量情報管理システムはデータベースである。また、多くの施設からデータを集めて DRL を作成することになるため、データ標準化や取集方法などについてはガイドライン化が必要である。JIRA では、その第 1 ステップとして、「放射線照射線量レポートの取り扱いガイドライン」の作成を進めているので以下に報告する。

4. 線量情報管理のためのガイドライン

JIRA では、広く、また、多くの施設から X 線検査で発生する照射線量を取集し照射線量情報のデータベースを構築するために、標準化が必要な情報や通信手順について以下の方針でガイドラインの作成を進めている。

- ① 照射線量情報の構造は、DICOM RDSR の定義を基本的に準拠する。
- ② 交換手順は、IHE が定める REM を基本的に準拠するが、国内の医療環境に合わせた追加を施す。
- ③ 放射線量情報の収集は、情報収集の目的に応じた個人情報の隠ぺい手段（匿名化処理）を採用する。
- ④ DICOM RDSR は比較的新しい規格であるため、これに対応していない装置もまだ多く存在していることを考慮し、RDSR 以外の方法による放射線量情報の取得方法も設定する。

4-1. 照射線量情報の交換手順

ガイドラインで規定する照射線量情報の交換手順は、IHE が定める REM を基本的に踏襲するが、国内の医療環境に合わせた修正を施した。

IHE では、RAD-63 で医療施設外に照射線量情報をオンライン転送する方法としてセキュア ftp を推奨しているが、国内の医療施設のネットワーク現状や施設のネットワークセキュリティおよび個人情報漏えい防止の観点から、本ガイドラインではセキュア ftp に加えて、国内で運用できる情報交換手順を採用することとした。

4-2. 匿名化处理

DICOM PS3.15 E Attribute Confidentiality Profiles を参考に、収集する照射線量情報について収集目的に応じた情報隠ぺい処理を行えるようにした。

4-3. RDSR 以外の方法による情報の取得

X 線 CT 装置から照射線量情報を出力する手段として DICOM RDSR が医用機器業界でのデファクトスタンダードになっているが、この規格は比較的新しいもので、実際の医療環境においてはこれに対応していない装置もまだ多く存在する。

これらの未対応装置から解析に必要な照射線量情報を取得する手段として、装置操作卓に表示された情報を画面キャプチャしたデジタル情報を、線量情報処理装置に転送し、そこで文字認識を施し、RDSR とほぼ同様な照射線量情報を収集する手段もガイドラインに含めた。

4-4. 規定する範囲

本ガイドラインでは、IHE REM を構成する通信手順に示した機器（アクタ）と処理（トランザクション）に規定しているが、NRDR に相当する照射線量保管装置へのアクセスについては規定していない。NRDR へのアクセスについては、我が国の通信事情も含めて関連機関に協力して新たなガイドライン化を進める予定である。

5. 今後の課題

DRL の恩恵を受けるのは、検査で X 線を照射される個人である。また、DRL の継続的な調査により、線量管理の最適化が進んだ未来の人類である。

線量情報を管理するシステムという視点でみると、システムの設計は、X 線検査を受けるところから考えがちであるが、人が検査を受けるのは、健康状態になんらかの問題がある場合と、健診などで健康状態のチェックする場合の 2 つのケースを念頭において検討する必要があると考える。前者については、医師が病状を診察して、それに関連する検査が行われるケースが多いが、後者の場合は定型的なプロトコルによる検査になる。

DRL の構築のためには、基本的に前者の診察に関わる情報も必要となると想像するが、個人情報削除する必要がある。しかし、個人の線量蓄積も含めた線量管理を検討する場合は、前者で削除した個人情報を保持することが必要となってくる。

本報告のテーマは、DRL 構築のための線量情報管理システムではあるが、線量管理システムの設計においては、個人の線量蓄積への対応も念頭に置いておくべきと考える。

また、次のような技術的な課題が考えられる。

データについては DICOM、ワークフローについては IHE-REM を参考に、我が国の線量情報管理システムのデザインが進められると想定するが、検査名称（プロトコル名）の統一が難しく、検査名称単位の集計が十分にできないことにある。

ACR では、施設固有の検査名称を Radlex playbook ID (RPID) に対応させるツールが提供されており、

DIR に情報をアップロードする前に検査名称を統一することを依頼しているが、同様な対応が我が国において可能か、検査名称にどのような ID を使用するのか、JJ1017 を含め線量管理システムを設計する際に十分に検討する必要がある。

また、日本では施設間のネットワーク接続が難しい状況である。このため、放射線医学総合研究所（放医研）で進められている医療被ばく研究プロジェクトにおいては、施設で収集した線量データはメディアに記録し、オフラインで放医研に持ちかえる状況が多いと聞いている。

米国では、HIPPA 法による施設の管理が定められており、ACR NRDR との通信はネットワークベースで可能となっている。日本においても、医療施設のセキュリティ対応に関する法整備が進め、施設間の通信が行える環境を整えることが、DRL の普及を推進するために重要と考える。

6. JIRA として

JIRA では、医用画像システム産業が目指すビジョンを掲げ、その中で X 線検査を個人毎に記録し、データの蓄積・分析を通じて X 線被ばくによる確率的影響・遺伝的影響、晩発的障害などの X 線被ばくの解明や放射線量の最適化を目指すことを検討しています。

今後は、関連団体と連携し法規制への対応や標準化を推進します。

- ① 個人への影響評価
- ② 品質保証／管理活動
- ③ 指標の標準化・推奨
- ④ 臨床評価
- ⑤ 線量管理の標準化
- ⑥ 線量管理に関する医療者へのトレーニング

以上

参考文献

- [1] 最新の国内実態調査結果に基づく 診断参考レベルの設定 2015 年 6 月 7 日 J-RIME
<http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>
- [2] 浅沼紹介ホームページ・専門用語集より
<http://www.asanumashoukai.co.jp/sanki/dictionary/detail/word0052.php?m=4&p=6&s=>

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」

4) CT における診断参考レベルの設定について

西丸 英治
広島大学病院

1. はじめに

平成 27 年 6 月, 医療被ばく研究情報ネットワーク (Japan Network for Research and Information on Medical Exposures: J-RIME) より日本における各モダリティの診断参考レベル (Diagnostic Reference Levels: DRLs) が発表された[1] (Table 1a, b). 今回の CT 装置における DRL は, volume computed tomography dose index (CTDI_{vol})および dose length product (DLP)共に策定され, さらに成人と小児を別々に報告されている. 成人は, 標準体格として 50~60 kg が採用されており, 小児においては, 体厚の設定から 1 歳未満・1~5 歳・6~10 歳と細分化され, より実用的な DRLs の値として公表された. これら数値の根拠は, 関連団体による多施設でのアンケート調査の結果である事によるものである. 成人は, 日本医学放射線学会 (対象: 712 施設) および日本診療放射線技師会 (対象: 307 施設) の調査結果から, 小児は, 日本放射線技術学会の研究班 (竹井班) の調査結果 (対象: 196 施設) と日本診療放射線技師会 (対象: 307 施設) より策定され, 非常に多くのデータが用いられた結果となっている. しかしながら, CT 装置は各メーカーにより幾何学的構造や再構成アルゴリズム (フィルタ補正逆投影法, 逐次近似応用再構成法, 逐次近似再構成法など), 再構成フィルタ関数など装置特有の特性があり, それぞれ画質も異なる. 今回発表された DRLs の値はあくまでも参考値であることを念頭に置いて各装置および自施設の特性を踏まえた撮影条件の検討が必要であると考えます.

今回のパネルディスカッションでは, 画質評価の観点から線量の最適化および DRLs を考慮した自施設での撮影プロトコル見直しへの課題, また将来展望について私見を述べさせて頂く.

Table 1a 成人の CT の診断参考レベル

	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy·cm)
頭部単純ルーチン	85	1350
胸部 1 相	15	550
胸部～骨盤 1 相	18	1300
上腹部～骨盤 1 相	20	1000
肝臓ダイナミック	15	1800
冠動脈	90	1400

注1) 標準体格は体重 50~60kg、但し冠動脈のみ体重 50~70 kg

注2) 肝臓ダイナミックは、胸部や骨盤を含まない

Table 1b 小児の CT の診断参考レベル

	1 歳未満		1～5 歳		6～10 歳	
	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP
頭部	38	500	47	660	60	850
胸部	11 (5.5)	210 (105)	14 (7)	300 (150)	15 (7.5)	410 (205)
腹部	11 (5.5)	220 (110)	16 (8)	400 (200)	17 (8.5)	530 (265)

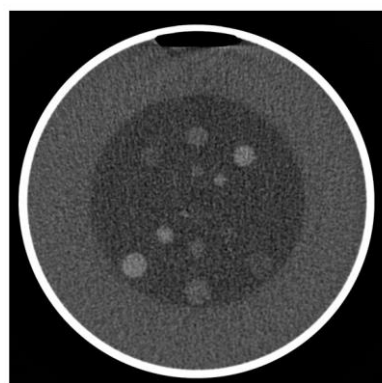
注1) 16cm ファントムによる値を示し、括弧内に 32cm ファントムによる値を併記した。

注2) CTDI_{vol} の単位は mGy、DLP の単位は mGy・cm である。

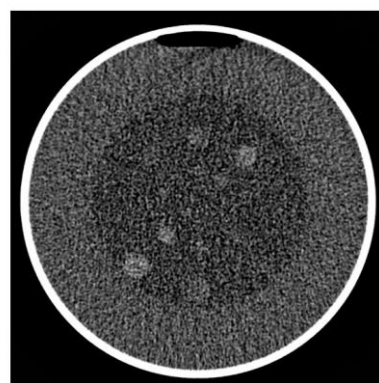
2. 撮影線量と画質の関係について

CT 画像において撮影線量が最も重要となるのは、低いコントラストで描出されている病変を検出する場合である。この低いコントラスト値の対象物を検出する能力を日本工業規格（Japanese industrial standards : JIS）では、低コントラスト分解能（low-contrast resolution）として、受入試験、不変性試験に性能の評価項目として推奨している。JIS における低コントラスト分解能は、低いコントラスト値（Hounsfield unit: HU）の状態すなわちある物体とその周囲との X 線吸収差が小さい状態において、均一な背景から特定の形状と物体とを識別できる能力と解釈され、密度分解能は、低コントラスト分解能の別名となっている[2, 3]。一般的に撮影線量が少なくなると画像ノイズは増加する。画像ノイズは被写体において、わずかに異なる線減弱係数の物質の認識を阻害する要因となりうるため、低コントラスト物体の描出能と密接に関係しており、その検出能に大きく影響することが知られている[4]（Fig. 1）。そのため、低コントラスト領域の検出能の評価を行なう際には、画像ノイズの評価は簡易的な手法として代用可能である。CT システムにおける画像ノイズは、均一な物質における関心領域内の各ピクセル値(HU)の変動である標準偏差（standard deviation: SD）で表す事が出来る[2, 3]。

*BG:back ground *SD:standard deviation



スライス厚:5.0 mm
撮影線量:270 mAs
BG*のSD*:7.0



スライス厚:5.0 mm
撮影線量:30 mAs
BG*のSD*:19.0

Fig.1 低コントラスト検出能と画像ノイズの関係

3. 低コントラスト領域における評価の問題点

現在、CTシステムにおける低コントラスト領域の評価は一貫した指標はなく、視覚的な評価も推奨のみとなっている。その理由としてJISでは、以下の3つの問題点を挙げている。

- ・ バックグラウンドのCT値に対して、コントラスト値が正確に分かっているファントムを製造することは困難で、測定したコントラスト値は、CT装置の性能といえる。
- ・ 画像評価のときに、各々の観察者が見えているか否かの異なる判定基準をもつというように、観察者の意見が著しく異なる可能性があるので、多数の観察者による結果を総合して判断しなければならない。
- ・ ファントムと観察者のばらつきは、視覚的な方法で低コントラストの検出能力を客観的に測定することを困難にしている。

これらの理由より、JISでは低コントラスト領域の評価法、解釈はユーザーに委ねられている。このように低コントラスト分解能に対する曖昧な評価が現在まで、撮影線量の最適化が困難であった大きな理由の一つであると考ええる。画像ノイズの少ない画像は、読影し易い画像となり得るため、医師への配慮から撮影線量の低減が憚れる事も少なくない。

4. 撮影線量と画質に関係するその他の因子

4-1. 再構成フィルタ関数について

CT画像において、フィルタ補正逆投影法は長期にわたって採用され、現在のゴールドスタンダードとなっている。フィルタ補正逆投影法は、様々な形状のフィルタを用いることによって目的に応じた画像が得られる特徴がある。現在のCT装置に実装されている代表的な再構成フィルタ関数の種類は、軟部用、腹部標準用、肺野用、骨用等があり、さらに細分化した多くの再構成フィルタ関数が用意され、ユーザーが自由に選択可能となっている。一部のメーカでは、腹部標準用の中に数十種類以上用意されている装置もあり、ユーザー側で選択の幅も大きいが混乱する場合想定される。Table 2は、automatic exposure control (AEC)と再構成フィルタ関数が連動する機能を有した装置において腹部標準用を変更し、装置が表示する volume computed tomography dose index (CTDIvol)の値を検証した結果である。SDは、この撮影線量で均一ファントムを撮影し、その画像の標準偏差を計測した結果である。関数AのSDが最も低く、CTDIvolの値も最も低い値となった。Table 2に示す関数A, B, Cの modulation transfer function (MTF)のリミット周波数は、関数A<B<Cとなっており、関数Aの空間分解能が最も悪く関数Cの空間分解能が最も高い。検証の結果、関数Aから関数Cに変更した場合、画像ノイズを担保するため約2倍の撮影線量を装置が自動的に計算した。空間分解能と画像ノイズはトレードオフの関係であり再構成フィルタ関数の選択によって、照射線量は大きく変化する。CT画像の空間分解能は再構成フィルタ関数で制御されていると考えられるため、どの再構成フィルタ関数を選択しているかによって撮影線量は大きく異なる。

Table 2 再構成フィルタ関数によるCTDIvolへの影響

	再構成フィルタ関数		
	関数A	関数B	関数C
SD	8.9	10	10.3
CTDIvol (mGy)	8.7	14.8	17.3

4-2. 画像ノイズの特性について

画像ノイズの評価方法には、SDよりも画像ノイズの特性をより詳細に評価することが可能なnoise power spectrum (NPS)を測定する方法がある[5]。NPSは、画像ノイズ成分の振幅の量を各空間周波数に対応したpower値で評価する手法で、放射線画像システムのノイズ特性の定量的指標として広く応用されている。

Fig. 2に2種類（A, B装置）の水ファントム画像に、模擬腫瘍（2.5, 5.0, 7.0, 10.0 mm）を合成した画像を示す。それぞれの模擬腫瘍は、両装置のMTFをそれぞれコンボリューションして合成して作成したシミュレーション画像である。

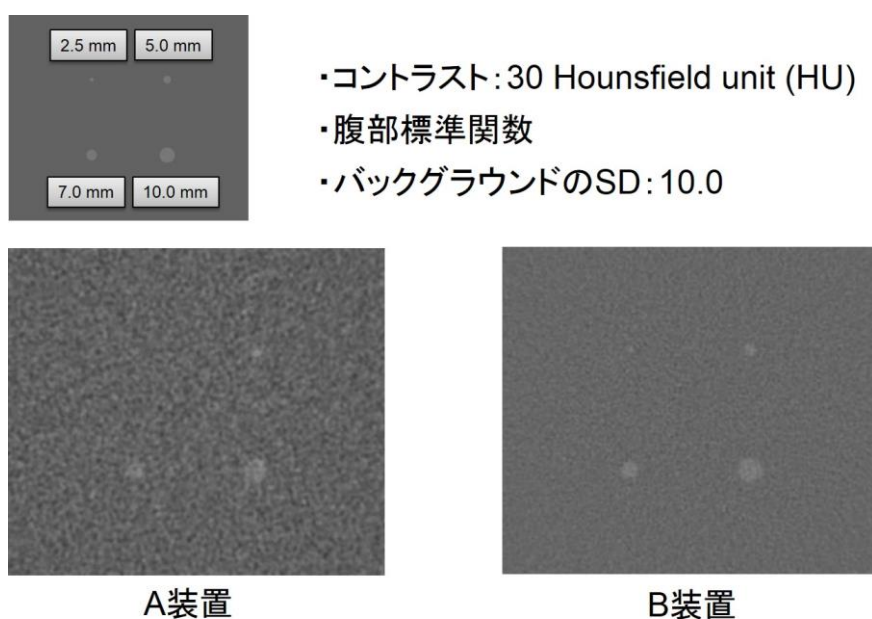


Fig. 2 画像ノイズの特性と描出能の関係

Fig. 2 に示すようにバックグラウンドの SD は同じであっても、模擬腫瘍の視認性は大きく異なっている。この両装置の画像の NPS を Fig. 3 に示す。

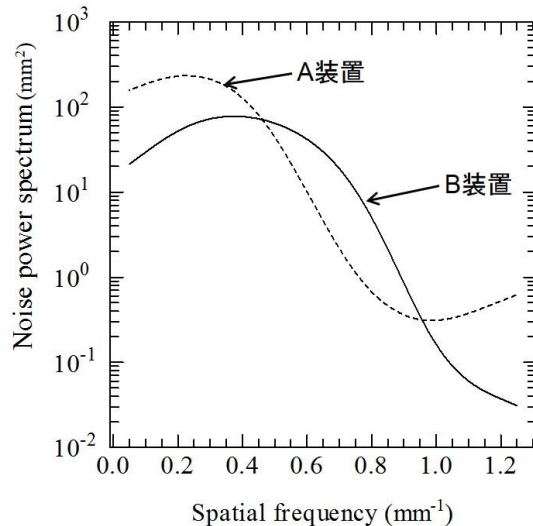


Fig. 3 A 装置の画像と B 装置の画像の NPS 比較

ここで、視認性の違いを証明するために模擬腫瘍の周波成分を第一種ベッセル関数から Wang らの mean-square-root bandwidths: $\bar{u}$ を用いて計算した[6]。その結果、2.5, 5.0, 7.0, 10.0 mm 径はそれぞれ 0.20, 0.10, 0.07, 0.05 mm⁻¹ となり、空間周波数領域ではほぼ低周波に存在していることが分かった。ここで A 装置と B 装置の NPS を見ると、B 装置の低周波領域の NPS は A 装置よりも低値を示し、Fig. 2 の視認性の違いを定量値として証明できた。このように画像ノイズには装置特有の特性があり、今回の装置 A, B が同等の検出能を得ようとする場合、装置 A ではより撮影線量が必要となると考えられる。これらの結果からも各装置の特性を考慮した撮影条件の検討が必要である事が理解出来る。

4-3. CTDIvol について

J-RIME より発表された報告にも記述されているように (13 ページ; 3. DRL 運用に関しての注意など) 小児の場合において CTDIvol の値が、16 cm ファントムによる結果なのか 32 cm ファントムによる結果なのか留意する必要がある。ある CT 装置では、scan field of view (SFOV) の概念がなく、常に full FOV でデータを収集している。よって、この装置の CTDIvol の値は常に 32 cm ファントムで計算した結果が反映されている。そのため、この装置で小児を撮影した場合にはメーカより提供されている換算式を用いて計算しなくてはならない。この場合、手技者がこの特徴を理解しているかが重要となり、また自動的に検査の CTDIvol の値を取得する場合には特に注意が必要である。

4-4. CT 装置の技術進歩について

CT 装置の技術進歩は著しく、近年ではより画質が向上する新しい画像再構成法やアプリケーション、検出器等のパーツにおいても品質向上のための開発も盛んに行われている。これらの技術進歩による画質向上は臨床現場でも感じる事ができる。当院に設置されている 16 列と 64 列の CT 装置 (同一メーカ) において CTDIvol を一定としたときの均一ファントム画像を撮影してそのノイズ量について検証した。

検証で使用した撮影条件は、管電流の値以外すべて同一条件とした。CTDIvol の表示値の調整は、管電流の値を調整した。表示値の CTDIvol を約 10 mGy (16 列：10.06, 64 列：10.08 mGy) としたとき、均一ファントムの SD はそれぞれ、6.3, 5.6 となった。この結果から、新しい装置の方が同等の撮影線量でも画像ノイズは低減可能（本検証の場合、約 10%）であることが確認できた。それぞれの装置の特性を考慮した使用方法も重要である。

5. おわりに

今回発表された日本オリジナルの DRLs は、今後の日本において防護の最適化に対し、重要なデータである。しかしながら、CT 装置の技術進歩は著しく変化しており DRLs の設定も変化していくと思われるため、短い期間での更新を期待したい。また、われわれ操作者も向上する技術に柔軟に対応しながら防護の最適化を常に目指すことが責務であると考ええる。

参考文献

- [1] 医療放射線防護連絡協議会，日本小児放射線学会，日本医学物理学会・他：医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME)：最新の国内実態調査に基づく診断参考レベルの設定。
<http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>
- [2] JIS Z 4752-3-5: 2008 (IEC 61223-3-5 : 2004). 医用画像部門における品質維持の評価及び日常試験方法－第 3-5 部：受入試験－医用 X 線 CT 装置. 日本工業規格, 2008
- [3] JIS Z 4752-2-6: 2012 (IEC 61223-2-6: 2006). 医用画像部門における品質維持の評価及び日常試験方法－第 2-6 部：不変性試験－医用 X 線 CT 装置. 日本工業規格：東京，2012.
- [4] Takahashi N, Lee Y, Tsai DY, et al. Novel noise reduction filter for improving visibility of early computed tomography signs of hyper acute stroke: evaluation of the filter's performance--preliminary clinical experience. Radiat Med. 2007; 25(5): 247-54.
- [5] 市川勝弘, 原 孝則, 丹羽伸次, 他. CT 画像におけるノイズパワースペクトル算出方法の比較評価. 医用画像情報会誌 2008; 25(2): 29-34.
- [6] Wang G, Vannier MW. Longitudinal resolution in volumetric x-ray computerized tomography analytical comparison between conventional and helical computerized tomography. Med Phys. 1994; 21(3):429-33.

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」

5) 小児 CT 撮影における撮影条件設定の考え方

坪倉 聡
名古屋市立大学病院

1. はじめに

近年マルチスライス CT が急速に普及し高速撮像や CT-automatic exposure control (CT-AEC)が可能となり、小児においても多くの CT 検査が実施されている。また、2004 年の Lancet 誌に 掲載された論文により、小児 CT 検査による被ばくについて注目されるようになり、日本においても小児 CT ガイドラインが作成され被ばく低減が提唱された[1, 2]。そこで個々の CT 装置の特性を理解し、診断能を損なわない範囲で被曝軽減に努める撮影プロトコルの構築が重要になってくる。今回のパネルディスカッションでは、撮影条件設定時に重要となるパラメータを中心に述べる。

2. 小児被写体の特徴

小児には成人と比べて以下のような特徴がある。

- ・動く可能性がある。
- ・息止めができない（胸部）
- ・白質、灰白質のコントラストの変化（頭部）
- ・臓器内脂肪が少ない（腹部）
- ・新生児の急激な成長による変化

これらの特徴から時間分解能と低コントラスト分解能が重要なパラメータであることがわかる。

Fig. 1, 2 は小児の平均的な呼吸回数 40 回/分における自作動態ファントムを撮像した画像である。

Rotation time が短く時間分解能が高いほうが、最大吸気、最大呼気時においてアーチファクトが少なく、z 方向の連続性も改善されている。（Fig. 3）。しかし、高速回転になると 1 回転あたりの View 数が低下し FOV 周辺の解像度が低下する。図 4 は Rotation time を変えたときの回転中心から X 方向に 50 mm の位置での変調伝達関数 (modulation transfer function: MTF) の変化である。Rotation time を短くすることで View 数の低下があるものの MTF の低下は少なく、被写体が小さくガントリ一回転中心にセットアップできる小児では Rotation time 0.33 s は十分使用可能であり、時間分解能を優先させたほうがよいと考える。

また、頭部 CT では白質と灰白質のコントラストおよび境界の明瞭化が求められる。小児の脳は新生児期では水分含有量が多いため CT 値が低く、1 歳以上では白質の髄鞘化が進むため水分含有量が減少し CT が上昇していく。2001 年の廣沢らの研究では白質、灰白質のコントラストは 1 歳前後で最も低値を示し、それ以下は年齢の低下と共に急激に上昇し、1 歳以上では緩やかに上昇すると述べている[3]。腹部

CTにおいても小児は腹腔内の脂肪が少ないため臓器間の境界が不明瞭になりやすい。つまり小児におけるCTでは成人と比べて単に被写体が小さくなっただけではなく、コントラストも低下するのでよりノイズの少ない画像が求められる。

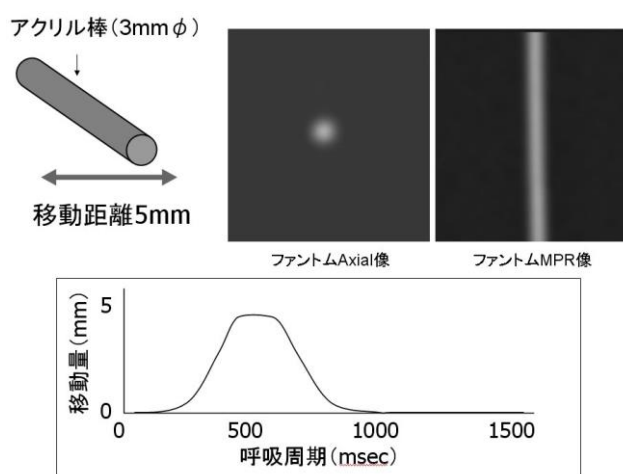


Fig. 1 自作動態ファントムの構成

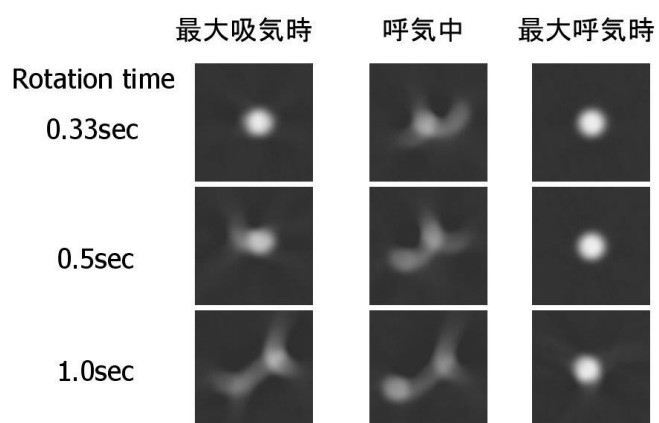


Fig. 2 動態ファントム Axial 画像

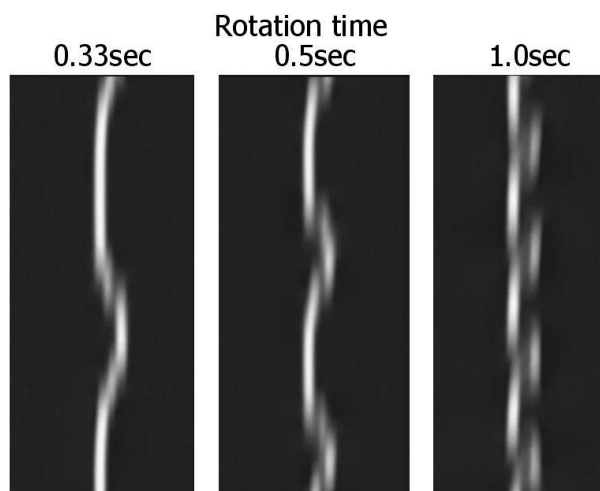


Fig. 3 動態ファントム MPR 画像 (coronal)

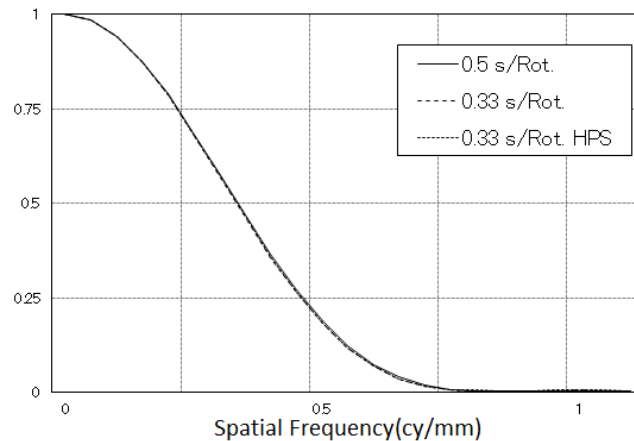


Fig. 4 Rotation time による MTF の変化

Rotation time : 0.5 s ,0.33 s ,0.33 s (Hight Pitch Spiral)

3. CT-AEC

CT-AEC は小児のような小さな被写体においても体軸方向への線量コントロールが可能であり非常に優れた機能であるが、メーカー間や装置のバージョンにより機能が異なっているため注意が必要である。CT-AEC には大きく分けて画像の標準偏差 (Standard deviation: SD) によってノイズを一定に制御するものと、そうでないものがある。例えば SD 一定の CT-AEC において大人と同じ設定で小児の撮影を行ったとする。Table 1 のように成人を直径 30 cm の水ファントム、乳児を直径 10 cm の水ファントムとした仮定した場合、線量は成人 130 mAs に対して乳児 2.9 mAs となり約 1/45 の線量となる。実際そのような線量で撮影された場合は線量不足でノイズが多く診断に適さない。

CT-AEC といえども小児用の設定値が必要であると考える。また、CT-AEC は位置決め画像から撮影線量を計算するため位置決め時と撮影時で体位や位置、息止めによる変化があった場合には正常に機能しないので注意が必要である。

Table 1 水ファントムの大きさ変化による線量とノイズの関係

水ファントム直径(cm)		10	14	20	25	30
線量一定	mAs	130	130	130	130	130
	S.D	1.9	3.5	5.1	8.2	13.0
ノイズ一定	mAs	2.9	6.2	19	50	130
	S.D	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Siemens社 CT-AEC	mAs	20	33	50	80	130
	S.D	4.8	5.7	8.4	10.2	13.0

4. 診断参考レベル

平成 27 年 6 月 7 日に医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME)より日本で初めてとなる診断参考レベル(DRL s 2015)が公表された[4]。Table 2 は小児 CT の診断参考レベルである。今回の診断参考レベルにはファントム径 32 cm と 16 cm の両方の値が記載されているため、使用している装置のコンソール上に表示されている CTDIvol の値がどちらのファントム径のものなのか把握した上で撮影条件最適化のツールの一つとして活用していただきたい。

Table 2 小児 CT の診断参考レベル

	1歳未満		1～5歳		6～10歳	
	CTDIvol	DLP	CTDIvol	DLP	CTDIvol	DLP
頭部	38	500	47	660	60	850
胸部	11(5.5)	210(105)	14(7)	300(150)	15(7.5)	410(205)
腹部	11(5.5)	220(110)	16(8)	400(200)	17(8.5)	530(265)

・16cmファントムによる値を示し、括弧内に32cmファントムの値を併記

・CTDIvolの単位はmGy、DLPの単位はmGy・cm

5. 低管電圧撮影

管電圧を変えても水ファントムを同じ SD にするために必要な線量 (CTDIvol) は変わらず、低コントラストにもほとんど影響しないため、単純 CT では被ばくの低減やコントラストの上昇はごくわずかである。しかし、造影剤に関しては低管電圧の方が CT 値は高く、組織とのコントラストが高いため造影効果のみが重要な 3DCT-Angio などには被ばく低減の可能性がある。つまり、造影剤コントラストの向上とそれに伴うノイズ増加の許容範囲などを考慮した上で設定値(SD)を上げてよいと考えられ、これが被ばく低減に寄与する。

6. 小児心疾患

小児においても循環器領域の CT の需要が急速に増加している。高速撮像が可能な装置では心電同期を使用しなくても十分な情報が得られる場合が多い。しかし、冠動脈や心房・心室の形態評価、区分診断を目的とする場合心電同期が必要となるが retrospective 心電同期再構成法を用いた撮影は被ばくの増大につながるためむやみに行うべきではない。ただし、prospective 心電同期撮影法が可能な装置では被ばくの低減が期待できる。

7. まとめ

小児 CT における撮影条件は、小児被写体の特徴を理解し、重要となるパラメータを考慮した上で最適化を行わなければならない。また、撮影条件の最適化だけではなく、CT 検査適応の正当化を実行するため施設全体の取り組みが重要であると考えられる。

参考文献

- [1] Berrington and Darby, Lancet 363:345-351, 2004
- [2] 小児 CT ガイドライン-被ばく低減のために- (社団法人日本医学放射線学会・他)
- [3] 廣沢信雄 他：小児における CT 撮影条件の検討. 小児放射線技術第 26 号 (2001)
- [4] 最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定 医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME)・他

テーマ「CT撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
パネルディスカッション「CTにおける線量最適化の現状と課題」

6) 我が国の小児 CT で患者が受ける線量の実態

竹井 泰孝
浜松医科大学医学部附属病院 放射線部

1. はじめに

平成 27 年 6 月 9 日午後 2 時, 医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME) によって策定された我が国の診断参考レベル (Japan DRLs 2015) がついに公表された。

今回公表された Japan DRLs 2015 は, J-RIME 参加団体が実施した最新の医療放射線被ばくに関する実態調査の結果に基づき, 医師, 診療放射線技師, 医学物理士を始めとする様々な専門家が共に議論を行い, 国際機関の専門家の助言を得て我が国初の診断参考レベルとして策定された。

筆者は平成 24 年度 JSRT 学術調査研究「我が国の小児 CT で患児が受ける線量の実態調査班」の班長として我が国の小児 CT における医療被ばくの実態調査を行った経緯から, J-RIME の小児 CT DRL 策定 WG メンバーとして DRL 策定に関わってきた。

本稿では Japan DRLs 2015 の小児 CT での基となった JSRT 学術調査研究班の活動によって得られたデータを中心に, 我が国の小児 CT による医療被ばくについて解説を行う。

2. 学術調査研究班による調査活動

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災に伴って発生した東京電力福島第一原子力発電所事故を受け, 国民の間に放射線被ばくに対する強い不安が一気に広がった。その不安は医療被ばくに対しても同様に向けられ, 特に小さな子どもを持つ親御さんの放射線に対する不安は大きく, 小児 CT 検査に対する DRL 設定が急務となった。

そこで国際的に通用する CTDIvol, DLP を用いたわが国の小児 CT 検査の線量評価, ならびに小児 CT 検査に対する DRL 設定の基礎データ収集を目的として, 2012 年に日本放射線技術学会 平成 24 年度学術調査研究班「我が国の小児 CT で患児が受ける線量の実態調査」(班長: 竹井泰孝 浜松医科大学医学部附属病院) を設立し, わが国の小児 CT 検査に関する全国調査を行った。

アンケート調査対象施設には日本放射線技術学会会員が所属する施設で過去に実施された同様の調査に回答歴のある施設のうち, 地域医療の中核を担う大学病院や国公立病院, 公的医療機関などを中心に 347 施設を抽出し, 2012 年 7 月末に調査用紙を送付した。

アンケートでは小児を乳児 (1 歳未満), 幼児 (1-6 歳未満), 小児 (6 歳以上) の 3 つの年齢群に分類し, それぞれの年齢群の標準的な体格を体厚で規定した。それぞれの年齢群における頭部, 胸部, 腹

部 CT 検査の管電圧, 管電流, 回転時間等の撮影条件や, 表示 volume CT dose index (CTDIvol), dose length product (DLP)等の線量情報, 装置名称や検出器列数, 逐次近似応用再構成の有無等の装置情報について調査を行った。

また医療施設の開設者種別や病床数, 1 日の検査件数等の環境要因についても合わせて調査を行い, 2012 年 8 月 31 日の締め切りまでに 196 施設より回答が寄せられた。

3. 研究班の調査結果から見たもの

アンケート回答施設の病床数として 200–400 床の施設が 29%と最も多く, 次いで 600–800 床 (24%), 400–800 床 (21%), 800 床以上 (15%), 200 床未満 (10%)の順となっていた (Fig. 1)。

また 95%超の施設で multi detector-row CT (MDCT) を稼働しており, 64 列装置が 42%と最も多く, 次いで 16 列 (25%), 4 列 (10%)の順となっていた (Fig. 2)。

回答が寄せた施設の約 2 割で 80–100 kV 未満の低管電圧による撮影が行われており, 120 kV の管電圧を使用する施設よりも有意に CTDIvol が低下していることが明らかとなった。

頭部 CT では 1.0 s/rot. の rotation time の利用頻度が最も高く, 胸部, 腹部 CT は共に 0.5 s/rot. の rotation time の使用頻度が最も高くなっていた。

本研究班の調査結果と日本診療放射線技師会の調査結果を基に策定された Japan DRLs 2015 の小児頭部 CT の DRL は, IAEA が世界 40 カ国で行った調査や, ドイツの報告に比べて高い傾向にあったが, 胸部, 腹部 CT の Japan DRLs 2015 は IAEA の調査結果に比べて低い値となっていたが, ドイツやタイの報告に比べると高い傾向となっていた (Fig. 3)。

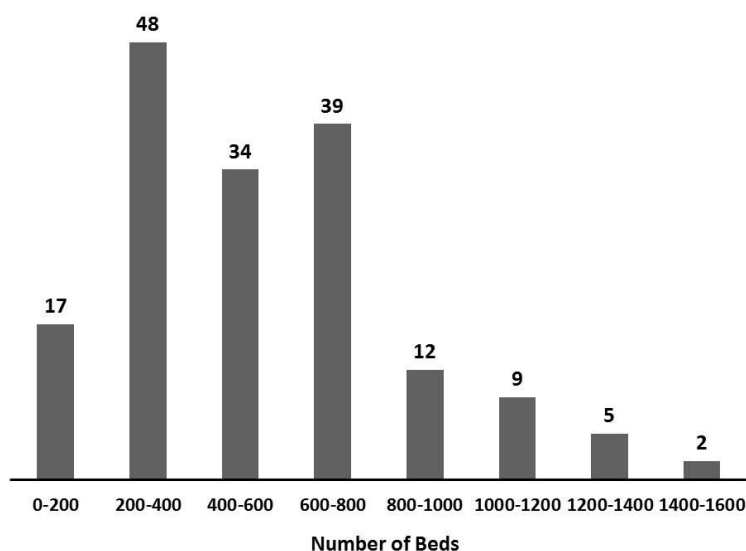


Fig. 1 回答施設の病床数

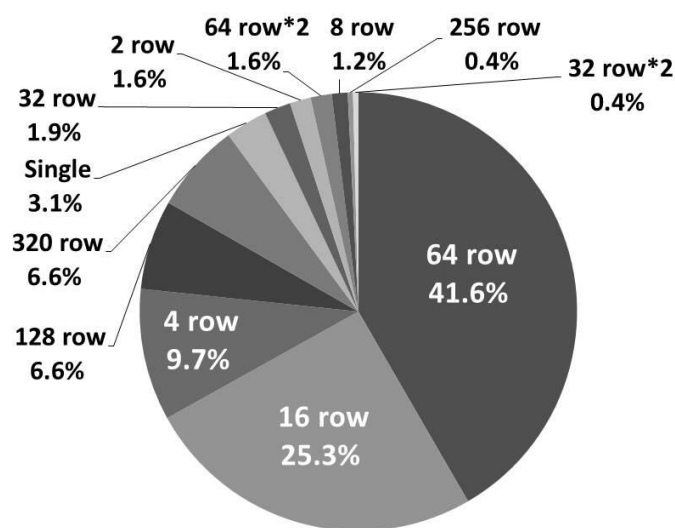


Fig. 2 回答施設の CT 装置の検出器列数[2]

CTDI _{vol,16} (mGy)	頭部			胸部			腹部		
	<1 歳	1-5 歳	6-10 歳	<1 歳	1-5 歳	6-10 歳	<1 歳	1-5 歳	6-10 歳
日本 (2015)	38	47	60	11	14	15	11	16	17
IAEA (2012) ⁶⁾	29	37.7	46.1	14.0*	16.4*	20.0*	21.4*	26.0*	24.0*
Germany (2006) ⁷⁾	33	40	50	3.5	5.5	8.5	5	8	13
DLP ₁₆ (mGy·cm)									
日本 (2015)	500	660	850	210	300	410	220	400	530
Germany (2006) ⁷⁾	390	520	710	55	110	210	145	255	475
Thailand (2012) ⁸⁾	400	570	610	80	140	305	220	275	560

*) 文献の CTDI_{vol,32} データを 2 倍し CTDI_{vol,16} とした

Fig. 3 他国の DRLs との比較

4. まとめ

我が国の小児頭部 CT の DRLs は IAEA や他国の調査に比べて 3~4 割ほど高く、年齢群が高くなるにつれて差が大きくなっていた。

2011 年に Asada らが行った調査において、小児 CT の線量は 2007 年に行った調査に比べて増加していることを報告している[3]。

また 2014 年に Matsunaga らが行った調査では、5 歳児の CT の CTDI_{vol} は 2011 年に比べてわずかに増加していると報告している。

これらの結果は我が国の小児 CT の撮影条件が諸外国に比べて高線量の撮影条件が設定されているこ

とが大きな要因である。

この高線量の撮影条件を要求しているのは画像の読影を行う放射線科医なのか、脳神経外科医なのか、それとも小児科医なのか、あるいは撮影を行っている診療放射線技師自身であろうか？

X 線 CT 装置の技術的進歩は著しいが、小児 CT の線量に変化してこなかった理由はなにか、どうすれば小児 CT の最適化が行えるのか、当日は会場の会員諸氏と DRL を活用した小児頭部 CT の最適化策について議論を行いたい。

参考文献

- [1] 医療放射線防護連絡協議会，日本小児放射線学会，日本医学物理学会・他：医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME)：最新の国内実態調査に基づく診断参考レベルの設定．
<http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>,
- [2] 竹井泰孝，鈴木昇一，宮寄治他：我が国の小児 CT で患児がうける線量の実態調査の概要 ー検査環境に関する因子を中心にー．日本放射線技術学会雑誌 70(6), 562-568, 2014.
- [3] 浅田恭生，鈴木昇一，小林謙一他：X 線診断時に患者が受ける線量の調査研究(2011)による線量評価．日本放射線技術学会雑誌，69(4), 371-379, 2013.
- [4] Matsunaga, Y., Kawaguchi, A., Kobayashi, K., et.al. : Survey of volume CT dose index in Japan in 2014. Br.J Radiol, 2015; 88: 20150219.

日本の診断レベルと活用方法

五十嵐隆元
総合病院国保旭中央病院

1. はじめに

我が国の診断参考レベル（DRLs）がリリースされ、数か月が経過した。DRLs の策定に関わった者が全国各地で DRLs の正しい理解の普及に努めているところだが、十分理解されていないケースにしばしば遭遇する。医療現場で正しく活用されるためには、DRLs の概念の正しい理解が必要である。本講座では、概念の説明を行い、その上で活用法についてお話しすることとする。

2. DRLs とは

国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection : ICRP）は、放射線診断における防護の最適化を推進するために、患者に対する Diagnostic reference levels（DRLs）の使用を Publication73¹⁾ で勧告した。また、ICRP 2007 年勧告²⁾で、医療被ばくは DRLs を用いた管理を行うことが明記されている（表 1）。国際原子力機関（International Atomic Energy Agency : IAEA）の Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards（BSS）においても、今までの最適化の概念であったガイダンスレベルに替えて、DRLs を線量最適化のためのツールとして採用している³⁾。

表1. 被ばく状況と被ばく区分に関連した防護体系に用いられる線量制限

	職業被ばく	公衆被ばく	医療被ばく
計画被ばく	線量限度 線量拘束値	線量限度 線量拘束値	診断参考レベル (線量拘束値*)
緊急時被ばく	参考レベル	参考レベル	適用しない
現存被ばく	適用しない**	参考レベル	適用しない

* 慰撫者、介護者、研究の被験者のボランティアの場合のみ

** 長期的な改善作業、または影響を受けた区域内での長期的な雇用の結果生じる被ばくは、放射線源が「現存」であっても計画された職業被ばくの一部として扱うべきである。

ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.

DRLs とは、それぞれの撮影に対して定められた標準的な体型もしくは標準ファントムで、多施設における線量調査により得た線量値の分布を取、その中のある特定の百分位数に上方値のレベルを設定したものをいう（図 1）。そしてその特徴は、規制的な目的ではなく、線量限度または線量拘束値ではなく、線量の最適値でもないこと、各施設で確認ができるように、シンプルな標準ファントムや、放射線診断での典型的なサイズの患者の表面における空気カーマまたは組織等価物質の吸収線量のような、簡単に測定できる線量値（一般撮影などでは、入射表面空気カーマ、入射表面線量および面積線量などが、マンモ

では平均乳腺線量が、CT ではCTDIvol やDLP など）を用いられている。

3. 活用方法

1) DRLs と自施設の線量の比較をする場合

この点については、さまざまな誤解が生まれている。DRLs の値と自施設の線量を比較する際には、（特に標準サイズの患者の場合には）自施設の線量については多くの線量データを得た上で、その中央値（つまり施設の代表的な値）をもって DRLs と比較する（図 2）。

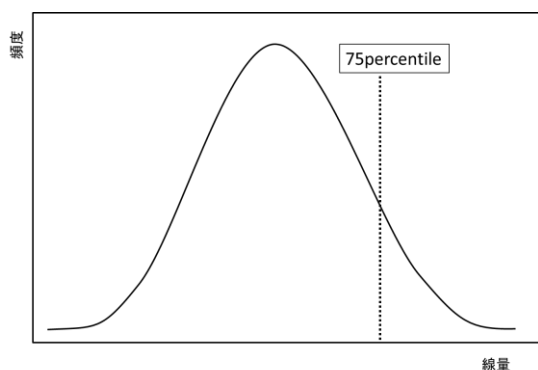


図1. 診断参考レベル

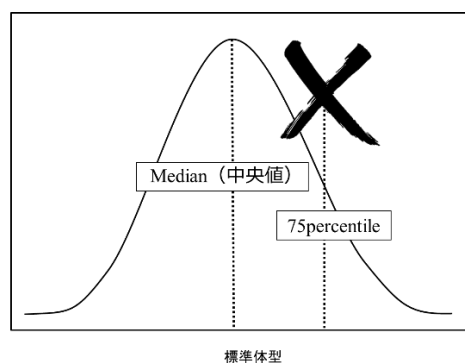


図2. DRLsと自施設の線量の比較にあたって

2) 撮影条件や撮影プロトコルの見直し

S/F 系からデジタルに移行する際に、S/F 系での撮影条件をそのまま移行したという話を時折聞く。また最近の X 線撮影の制御器は、撮影条件がプリセットされているものが多い。これらの撮影条件の見直しや、CT 等での撮影プロトコルの見直しにも利用できると思われる。その際に DRLs は、最適値ではないこと、平均値や中央値でもないこと、あくまで 75 パーセンタイル値であることを加味した上で、検討を行っていただきたい。

3) DRLs の国際比較

世界共通の標準ファントムの場合には問題ないが、「標準サイズの患者」には国民の体格差（表 2）の問題もあるので、その点を加味しつつ比較する必要がある^{4,5)}。ちなみに我が国の標準サイズは 50～60kg であるが、European Commission の標準サイズは 70±15kg である⁷⁾。

表 2. 日本と米国における40～49歳の成人の身長と体重^{7,8)}

	 日 本		 米 国	
	男性	女性	男性	女性
身長(cm)	170.9	157.9	176.8	163.1
体重(kg)	70.5	54.7	91.0	76.2

4)医療の質の向上に向けて

公益財団法人 日本医療機能評価機構をはじめとした多くの団体で、医療の質指標（Quality Indicator : QI）というものが推進されている。「自院の診療の質を知り、経時的に改善する」ことを目的とし、医療の質を測定、評価、公表するための指標の検討と各病院で PDCA サイクルを病院の運営管理の手法に組み込むことを促す役割を担っている⁸⁾。このような自院の医療の質の向上に向けたツールとして利用される可能性もある。

5)線量の最適化

元来、DRLs はこの目的で設定するものである。したがって DRLs の適切な活用により、各施設において線量の最適化が推進されることを期待している。繰り返したが、DRLs は規制的な数値ではなく、限度値や拘束値でもない。また、その検査の最適値を示しているものでもない。同様に DRLs は中央値でも平均値でも最大値でもないので、この数値を用いてリスク計算もすべきでない。

4. おわりに

我が国の DRLs は出来たばかりであり、この活用についてはこれから色々なアイディアが出てくるのではないかと考えている。そのためにも DRLs の正しい理解を推進することが、本学会に課せられた急務と考えている。

参考文献

1. International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection and Safety in Medicine. ICRP Publication 73. Ann. ICRP 26 (2). 1996.
2. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). 2007.
3. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3, Vienna, 2014.
4. 平成 24 年度国民健康・栄養調査
5. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics. Anthropometric Reference Data for Children and Adults: United States, 2007–2010, Data From the National Health and Nutrition Examination Survey. 2012.
6. Japan Network for Research and Information on Medical Exposure. Diagnostic Reference Levels Based on Latest Surveys in Japan -Japan DRLs 2015-. 2015.
7. European Commission. RADIATION PROTECTION N° 180. Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries.2014.
8. 一般社団法人 日本病院会ホームページ, <http://www.hospital.or.jp/qip/>

放射線防護で扱う単位と用語の活用法

磯辺 智範^{1,2)}, 森 祐太郎²⁾, 榮 武二^{1,2)}

¹⁾筑波大学医学医療系, ²⁾筑波大学陽子線医学利用研究センター

1. はじめに

放射線の利用は、学術の進歩や産業の発展などに役立つ反面、人体に対して障害を引き起こすリスクを常に併せ持つ。このリスクを排除するためには、放射線の利用をすべて断念するしかない。しかし、放射線の利用から得られる利益は、工業、農業、そして医学などの幅広い分野で確立されてきており、我々の社会からは容易には切り離せない。放射線を安全に利用するためには、放射線障害の発生を最小限に抑える必要がある。これが放射線防護の基本的な考え方である。本稿では、放射線防護を考えるうえで必要不可欠な「単位と用語」を系統的に解説する。

2. 等価線量と実効線量

放射線の人体への影響を考えるうえで基本となる単位として、等価線量と実効線量が挙げられる。ここでは、この2つの単位の定義を解説する。

放射線感受性に関する研究は古くから行われており、その代表的な方法にコロニー形成法がある。これは放射線を照射し、照射した線量と細胞の生存率から線量生存率曲線を得る方法である。これにより、放射線の種類によって線量生存率曲線の形が変化することがわかっている。つまり、放射線の種類により人体への影響が異なるということである。具体的には、吸収線量で1 Gyの α 線と1 Gyの γ 線を人体に照射した場合、人体へのダメージは α 線の方が20倍大きい[1]。この放射線（線質）の違いによる人体への影響を補正する係数を放射線加重係数と呼び、吸収線量へ放射線加重係数を乗じた値を等価線量(Sv, シーベルト)と呼ぶ(図1)。

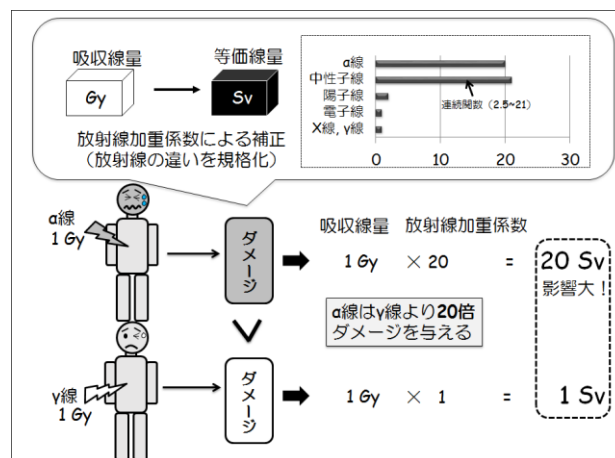


図1 等価線量のイメージ

次に、実効線量を解説する。例えば、放射線をパンチに置き換えて考えてみる（図2）。腹部をパンチされた場合、パンチを受けた部位へのダメージに加えて呼吸できなくなることがあり、全身への影響は大きいと考えられる。一方、腕だけをパンチされた場合、パンチを受けた腕へのダメージは大きいが全身への影響は小さいと考えられる。当然ながら、全身をパンチされた場合は全身へのダメージは一番大きくなる。これらの影響の違いは、放射線についても同じと考えることができ、放射線照射を受けた部位（臓器・組織）や範囲によって全身への影響は異なる。例えば、胃や結腸、赤色骨髄や乳房は放射線感受性が高く、皮膚や骨表面は放射線感受性が低い[1]。このような臓器・組織による放射線感受性の違いを補正する係数を組織加重係数と呼び、等価線量へ組織加重係数を乗じた値を実効線量（Sv、シーベルト）と呼ぶ。

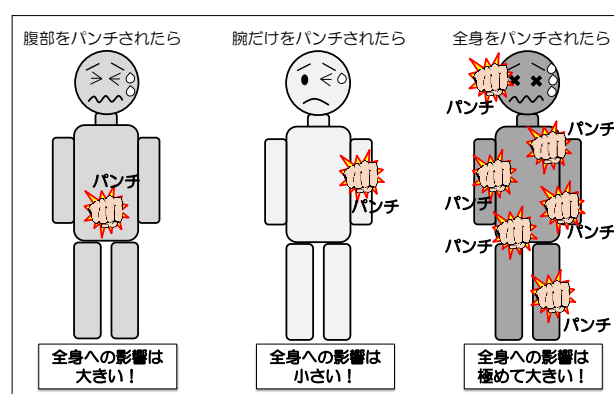


図2 実効線量のイメージ

これまでのまとめとして、胸部単純 X 線撮影における肺の吸収線量が 0.16 mGy だった場合の実効線量を考える。まず考えなければいけないのは、照射された臓器・組織に対する等価線量である。吸収線量から等価線量へ変換するには放射線加重係数が必要である。X 線の放射線加重係数は 1 であるため[1]、照射された臓器・組織等価線量は $0.16 \text{ mGy} \times 1 = 0.16 \text{ mSv}$ と算出される。次に、臓器・組織ごとの放射線感受性の違いを補正した実効線量を算出する。肺の組織加重係数は 0.12 であるため[1]、実効線量は $0.16 \text{ mSv} \times 0.12 \div 0.019 \text{ mSv}$ とはならない。なぜならば、胸部単純 X 線撮影では肺以外の様々な臓器（甲状腺・食道・乳房・肝臓・胃・骨・骨髄・皮膚など）にも X 線が照射されているからである。そのため、各臓器に組織加重係数を掛け、それぞれの値を足し合わせて実効線量を算出しなければならない。この間に対する正解、すなわち実効線量を算出するためには、肺以外の各臓器・組織の吸収線量を測定し、それぞれに放射線加重係数と組織加重係数を乗じ、その和を実効線量として求める必要がある。

3. 物理量・防護量・実用量

放射線計測および放射線防護の分野では、物理量・防護量・実用量と呼ばれる線量概念が用いられる（図3）[2-7]。物理量は 3 つの線量概念の中で最も基本的な量であり、放射線場そのものを表す「フルエンス」はその代表である。また、その場に置かれた物質内のエネルギー移動に関する「カーマ」と「吸収線量」は防護量と実用量を導くのに不可欠な「量」である。放射線防護を考えるうえでは、“人体にどれ

だけのダメージが生じたか？”を評価しなければならない。これが防護量であり、その指標となるのが等価線量と実効線量である。これら等価線量と実効線量を評価するためには、臓器や組織ごとの吸収線量（物理量）について、照射方向などを含めて正確に測定しなければならない。そのため、防護量を求めるのは容易ではない。そこで、防護量の代替として、1 cm 線量当量などの実用量が用いられるようになった。しかし、実用量は防護量の代わりに人体への影響を評価するための指標として用いられるため、外部被ばく量を安全側（保守的）に見積もるように定義されていることに注意を要する。以下に、それぞれの線量概念の詳細を解説する。

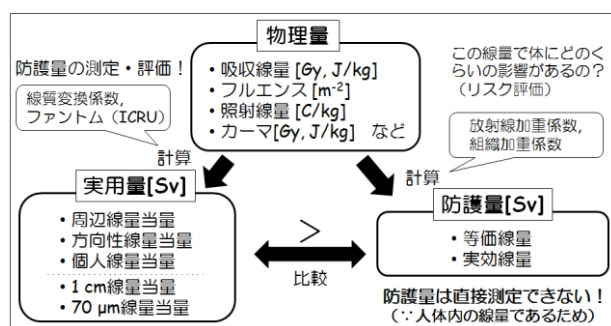


図3 物理量・防護量・実用量の関係

1) 物理量

荷電粒子（ α 線、 β 線）は、直接物質中の原子と衝突して電離を引き起こすのに対して、非荷電粒子（X 線・ γ 線、中性子線）は、光電効果や光核反応などの相互作用により二次荷電粒子を放出し、この二次荷電粒子が電離に寄与する。このような放射線を間接電離放射線と呼ぶ。間接電離放射線が物質に入射すると、①入射一次粒子から二次粒子へのエネルギー転換、②物質へのエネルギー付与という2段階の過程を経る。この過程で、①のエネルギーに関連する量が「カーマ」、②が「吸収線量」と定義され、これらが放射線計測の基本単位となる。

2) 防護量

防護量で重要となるのは、各臓器・組織の吸収線量をいかに正確に求めるかということである。これについて、ICRP 116[2]では以下の手順で防護量を求めている。はじめに、放射線の種類、エネルギー、入射方向を決定して人体モデルファントムに放射線を照射し、各臓器・組織の吸収線量をシミュレーションにより計算する。この際に用いる人体ファントムは、ICRP 74[3]ではMIRD型ファントムであったが、ICRP 116[2]では成人の標準男性と標準女性のICRP/ICRUコンピュータファントムが用いられている[4]。このファントムは、ボクセルで人体構造を表現している点に特徴がある。これにより、得られた臓器・組織の吸収線量に放射線加重係数を乗じることで、防護量（実効線量）として評価が可能となる。

3) 実用量

前述の通り、防護量の問題点は、人体の組織・臓器当たりの平均吸収線量を基本としているた

め、実測不可能な量であるということである。このため、ICRU は外部被ばくにおける計測可能な量として、ある点当たりの吸収線量に基づく実用量を定義している[5-8]。その 1 つが、個人被ばく線量計に用いられる個人線量当量であり、もう 1 つがサーベイメータなど場のモニタリングを行う測定器で用いられる周辺線量当量である。個人線量当量は、人体を模擬したファントム (ICRU スラブファントム) の深さ d mm における線量当量の値である。例えば、1 cm の深さであれば 1 cm 線量当量となる。個人線量当量は、人の前方 (前面) から放射線を浴びたときの影響が最も大きく、前方照射条件 (AP) で換算・校正される。そのため、人の後方 (後面) から放射線を浴びた場合には人体が遮蔽物となって過小評価されることに注意を要する。

周辺線量当量は、人体組成を模擬した一様な球 (ICRU 球) を考え、その球表面から深さ d mm における線量当量の値である。

4. 預託線量

放射性同位元素を吸い込んでしまった場合の内部被ばくの評価には、預託線量を用いる。内部被ばくの測定法は 2 つ存在し、1 つは摂取してしまった放射性同位元素の γ 線をホールボディカウンタで測定する方法である。この場合、 α 線や β 線は人体で吸収されてしまうため、体外から測定できない点に注意が必要である。もう 1 つが排泄された糞尿中の放射性物質を測定し、ICRP の排泄率データから摂取量を逆算するバイオアッセイ法である[9]。これらにより、体内摂取した放射性同位元素の量が測定できたとする。しかし、内部被ばくの場合は、測定値から被ばく線量を単純に評価することができない。その理由は、放射性同位元素を摂取した直後の内部被ばく線量を評価しても、放射性同位元素が排泄されない限り被ばくし続けるためである。この影響を考慮するために考えられたのが預託線量である。つまり、預託線量は放射性同位元素の時間による体内残留量や、物理学的な強度の時間減衰などを考慮した値である。この預託線量は、体外計測法やバイオアッセイ法により得られた体内摂取量 [Bq] に実効線量換算係数 [mSv/Bq] を乗じることによって求められる。実効線量換算係数は、放射性物質の種類によって残留しやすい部位が異なる点や、放射性物質の種類によって放出する放射線の種類やエネルギーが異なる点などを考慮した値である (図 4)。

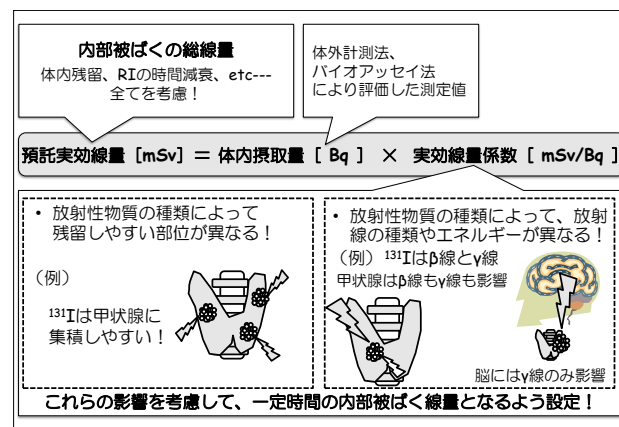


図 4 預託線量の算出方法

以上から求められた預託線量は、何年も先までの内部被ばくを評価するための指標となる。放射線防護上は安全側に評価するため、この先 50 年後までの被ばく線量を足し合わせ、1 年間で被ばくしたとし

て線量管理することにより、安全側の評価になるように考えられている。

5. 最後に

2015 年 4 月 19 日の新聞で、診断参考レベル（Dose Reference Levels: DRLs）案の X 線 CT 被ばくについて“成人頭部の線量指標が 1350 mGy”、“1 mGy は 1 mSv に相当”という誤報が発表された。なぜこのような誤った理解が起こってしまったのであろうか？今回発表された DRLs 案では、X 線 CT 検査の頭部単純ルーチン撮影では CTDI_{vol} で 85 mGy、DLP で 1350 mGy・cm であった。CTDI_{vol} は点での線量（mGy）に対して、DLP は撮影範囲を考慮した線量（mGy・cm）であるため、DLP の値が大きくなるのは至極当然である。それぞれの線量指標の定義を理解せず報道されたのが、誤報の原因であると考えられる。また、“1 mGy = 1 mSv”について、CT 検査で用いる放射線は X 線であるため、放射線加重係数は 1 となり、関係式は正しい。しかし、この時の“mSv”は等価線量か実効線量か読者に正しく伝わっているのだろうか？通常、CT 検査では局所に絞った被ばくとなるため、この場合は“組織等価線量”となる。つまり、組織等価線量として“1 mGy = 1 mSv”は成り立つが、実効線量では“1 mGy = 1 mSv”は成り立たない。今回の報道で最も恐れられる誤解は、前述の 1350 mGy と合わせて、“実効線量で 1350 mSv”と解釈されてしまった場合である。参考に、ICRP 102[10]では、DLP から実効線量への換算係数を k-factor として定義されており（表 1）、これを用いて実効線量を求めると、 $1350 \times 0.0021 = 2.835 \text{ mSv}$ となり、新聞で報道された 1350 mSv とはほど遠いことを理解していただけるだろう。

表 1 DLP から実効線量への換算係数（k-factor）

照射部位	k (mSv・mGy ⁻¹ ・cm ⁻¹)				
	0歳	1歳	5歳	10歳	成人
頭頸部	0.013	0.0085	0.0057	0.0042	0.0031
頭 部	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
頸 部	0.017	0.0120	0.0110	0.0079	0.0059
胸 部	0.039	0.0260	0.0180	0.013	0.014
腹部・骨盤部	0.049	0.0300	0.0200	0.015	0.015
躯幹	0.044	0.0280	0.0190	0.014	0.015

このように、放射線防護では、基礎的な単位、用語を正しく理解したうえで用いないと大きな間違いや誤解を招く恐れがある。本稿が、みなさまにとって放射線防護を正しく理解するためのきっかけとなれば幸いである。

参考文献

- [1] ICRP.: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
- [2] ICRP.: Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures: ICRP Publication 116. Ann. ICRP 40(2-5), 2010.
- [3] ICRP.: Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation: ICRP Publication 74. Ann. ICRP 26 (3-4), 1996.
- [4] ICRP.: Adult Reference Computational Phantoms: ICRP Publication 110. Ann. ICRP 39 (2), 2009.
- [5] ICRU.: Determination of dose equivalents resulting from external sources: ICRU Report 39. 1985.
- [6] ICRU.: Determination of dose equivalents resulting from external sources part 2. ICRU Report 43. 1988.
- [7] ICRU.: Measurement of dose equivalents from external photon and electron radiations. ICRU Report 47. 1992a.
- [8] ICRU.: Quantities and units in radiation protection dosimetry. ICRU Report 51. 1993b.
- [9] ICRP.: Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (preface and glossary missing): ICRP Publication 78. Ann. ICRP 27 (3-4), 1997.
- [10] ICRP.: Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT): ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37 (1), 2007.

1. ここがポイント！放射線と放射能 ～医療での利用も含めて～

塚本 篤子
N T T 東日本関東病院

【はじめに】

日本放射線技術学会の放射線防護部会（H26 年までは放射線防護分科会）では、一般市民の方に向け医療での放射線利用についてご理解いただくために、市民公開講座を平成 9 年（1997 年）から毎年 1 回を目途に全国で開催してきました。平成 23 年（2011 年）からは、東日本大震災時の福島第一原発事故後に放射線の影響やその基礎に関してのシンポジウムも行ってきました。今回は、放射線と食の安全の講座になります。本稿では、放射線と食の安全に入る前に、放射線の基礎の話をします。医療での放射線の利用についてもお話ししたいと思います。

【放射線についての基礎知識】

1) 放射線とは？ 放射能とは？

“放射線”とは、「高いエネルギーを持つ、粒子および電磁波」のことです。“放射能”とは、その放射線を出す能力のことです。放射線を出す物質のことを“放射性物質”といいます。“放射能”を“放射性物質”の意味で使われることもよく見かけます。これを蛍にたとえると、光を出す蛍が放射性物質になり、蛍が出す光が放射線、蛍は光を出す能力、放射能を持っていることになります。

2) 放射線の種類

放射線は、粒子線と電磁波に分かれます。粒子線には、アルファ線（ α 線）、ベータ線（ β 線）、中性子線があり、電磁波には、エックス線（X 線）とガンマ線（ γ 線）があります。粒子線は、 α 線や β 線のように電荷をもっているものと、中性子のように電荷をもっていないものとに分かれます。

放射線の種類により、透過のしやすさは変わってきます。 α 線は、紙 1 枚で止まります。 β 線は紙を透過しますが、薄いアルミニウムで止まります。X 線や γ 線は透過力が強く紙や薄いアルミニウムを透過しますが、厚い鉛やタングステンでやっと止まります。中性子線は、鉛やタングステンも透過しますが、水やコンクリートで止めることができます。この透過のしやすさは、人体への影響に大きくかかわってきます。

別の分け方として、自然放射線と人工放射線の分類があります。自然放射線は、宇宙からの放射線、太陽からの放射線、大気中の放射線、地面や地下の岩石などに含まれる放射性物質からの放射線、食物からの放射線などがあります。人工放射線には、医療に使用されている X 線、原子力施設の事故や大気圏内の核実験により降り注ぐ放射性降下物（フォールアウト）などがあります。

3) 放射線の単位

放射線のことを、理解しにくい原因の一つは、単位がたくさん出てくることにあるように思います。ここでは、放射線を出す側に着目した量、放射線を受ける側に着目した量、人体の影響に着目した量に分け

てお話しします。

①放射線を出す側に着目した量としては、ベクレル (Bq) があります。ベクレルは、1 秒間に放射性壊変する原子核の数のことです。放射性物質は、エネルギーの高い不安定な状態にありますが、放射線を出して安定な状態になろうとします。このことを壊変といい、1 ベクレル (Bq) は、1 秒間に 1 個の原子核が崩壊するときの放射能の量のことです。食品や水などの放射線量を表すのに、ベクレル／キログラム (Bq/kg: 1 kg あたりにどれくらい放射性物質が含まれているか) が使われています。

②放射線を受ける側に着目した量としては、グレイ (Gy) があります。グレイは吸収線量の単位で、物質が受けた放射線量を表す単位です。1 グレイ (Gy) は、物質 1 キログラム (kg) あたり 1 ジュール (J) のエネルギーを吸収した時の量です。人体の場合、吸収線量の値が同じでも、放射線の種類やエネルギーの強さにより、影響も異なります。

③人体の影響に着目した量としては、シーベルト (Sv) があります。シーベルトの単位を使用するものは、2 つあります。一つは等価線量と呼ばれるもので、放射線の種類によって人体が受ける影響が異なるので、放射線の違いによる重み付け (放射線加重係数) を乗じて表し、異なる放射線の影響を比較する場合に使用します。もう一つは、実効線量と呼ばれるものです。人間の臓器や組織には、放射線に対する影響に差があります。その差を全臓器に割り振った値が、組織加重係数と呼ばれるもので、各臓器の等価線量 (臓器線量) に組織加重係数を乗じて、その値を全部加算したものが実効線量です。実効線量は、実測できない値ですが、放射線防護や放射線の管理に使用されます。

④大きさ (量) について

放射線の量を表す際に、桁の小さいものや大きいものは、数字を並べるとわかりにくいので、1 の 1,000 分の 1 は、1 ミリ ($1\text{m}=0.001$)、1,000,000 分の 1 は、1 マイクロ ($1\mu=0.000001$)、1,000 倍は 1 キロ ($1\text{k}=1,000$)、1,000,000 倍は 1 メガ ($1\text{M}=1,000,000$) となります。

4) 放射線の影響とその分類

放射線が人体にあたると、人体の中の正常細胞、さらにその中の DNA に損傷が起こります。DNA 損傷後にほぼすべての細胞は修復に成功し正常な細胞に戻ります。しかし、わずかですが修復の過程で誤った修復をするものがあります。その多くは修復に失敗し細胞死 (アポトーシス) を起こします。ごくわずかですが、突然変異を起こしそれにより細胞のがん化が起こります。

放射線の人体への影響は大きく分けて“身体的影響”と“遺伝的影響”に分かれます。“身体的影響”は“急性障害”と“晩発障害”に分けられ、“急性障害”には主に放射線宿酔・皮膚紅斑・一時不妊などがあり、数週間以内に症状がでます。“晩発障害”はがん (白血病を含む) とそれ以外の障害 (白内障・肺線維症・皮膚潰瘍など) が数か月から数年以上の経過後に症状が起こります。このがん以外の“晩発障害”と“急性障害”を合わせて“確定的影響 (組織反応)”といい、“晩発障害”のがんと“遺伝的影響” (染色体異常・突然変異など) を含めて“確率的影響”といいます。

放射線により相当数の細胞が失われることによっておこる影響を、“確定的影響 (組織反応)”といいます。“確定的影響 (組織反応)”の主な障害は、白血球減少・不妊・脱毛・胎児奇形・白内障などで細胞死が引き金となります。“確定的影響 (組織反応)”の大きな特徴は、“しきい値”があることです。しきい値を超えた線量を受けなければ、障害は発生しません。“しきい値”とは、「この線量を被ばくすると 1 % の人に障害が発生する線量」のことをいいます。また、“確定的影響 (組織反応)”では、被ばく線量が大き

くなると障害重篤度が重くなります。

放射線により細胞が変異することによっておこる影響を“確率的影響”といいます。“確率的影響”の主な障害は、がん（白血病を含む）と遺伝的影響で突然変異が引き金となります。“確率的影響”の特徴は、“しきい値”を持たないことです。どんなに少ない線量でも影響の発生率は0ではないということです。原爆被ばく者の10万人の調査では、100mSv以下の被ばくによる発がんリスクは統計学的に有意な発生率の増加は現状認められていません。100mSv以上の線量では、被ばく線量が発生率に比例することがわかっています。100mSv以下の影響については、今も世界で議論されているところです。ICRP（国際放射線防護委員会）では、「100mSv以下は、原爆被ばく者の100mSv以上のデータを使用して予測するLNTモデル（しきい値なし直線モデル）」という評価方法を提唱し、日本でも採用しています。他に「LNTモデルでは、低線量域で過小評価しているとして発案されたきびしめの仮説」、「低線量は体に良いというホルミシス効果仮説」、「低線量ではリスクがない、確率的影響にもしきい値が存在するというしきい値あり仮説」もあります。

5) 外部被ばくと内部被ばく

放射線による被ばくは、経路により“外部被ばく”と“内部被ばく”に分けることができます。“外部被ばく”は、放射線源が体外にあり体の外側から放射線を受ける被ばくで、宇宙や太陽からの放射線や地面からの放射線、建物からの放射線、医療における放射線などによるものです。“内部被ばく”は、放射線源が体内にあり体の内側から受ける被ばくのこと、大気中から呼吸により吸入されるもの、飲食物から経口摂取されるもの、傷の吸収から受けるものなどの被ばくのことです。“外部被ばく”と“内部被ばく”の違いは、放射線を出すものが体外にあるか体内にあるかの違いで、体が放射線を受けるという点では同じです。“外部被ばく”で1ミリシーベルト受けるのと、“内部被ばく”で1ミリシーベルト受けるのは、影響の大きさはほぼ同じになります。また、体外から1ミリシーベルト、体内から1ミリシーベルトを受けたら、合わせて2ミリシーベルトの放射線を受けたということになります。

“外部被ばく”で問題になるのは、主に透過能力が高いγ線を出す放射性物質です。一方“内部被ばく”で問題になるのは、半減期が長くα線を出す放射性物質です。取り込まれやすく排泄されにくい、特定の組織に蓄積しやすい放射性物質も“内部被ばく”の線量が高くなります。

“外部被ばく”の防護は、距離・時間・遮蔽です。「放射線源より距離を取る、被ばくする時間をなるべく短くする、放射線を遮蔽するものを使用する」ということです。“内部被ばく”の防護ですが、体の中に放射性物質があるので、距離・遮蔽を取することは非常に困難なことで、「取り込まないようにすること」が最も重要な“内部被ばく”の防護になります。

6) 半減期について

放射性物質が放射線をだし壊変し、放射能がだんだん弱くなって1/2になるまでの時間を半減期といいます。半減期には、放射性物質が純粋に半分になる時間の“物理学的半減期”、体内に取り込まれた放射線物質の半分の量を体外に排出するための時間を“生物学的半減期”、そして物理学的半減期と生物学的半減期を考慮し、実際に体内での放射性物質が半分に減る時間を“実効（有効）半減期”といいます。これらの関係は次式で表されます。

$$1 / \text{実効半減期} = 1 / \text{物理学的半減期} + 1 / \text{生物学的半減期}$$

【医療における放射線】

1) 放射線防護の3原則

ICRP で低減されている放射線防護の三原則は、正当化・防護の最適化・線量限度の適用です。

正当化は、放射線を使用するうえでもたらされる利益（ベネフィット・メリット）の方が不利益（リスク）より大きくなければならないというものです。正当化されたうえで、防護の最適化を行います。防護の最適化とは、合理的に達成可能な限り被ばく量を減らし放射線を利用するというもので、英語の頭文字から「ALARA(アララ)の原則」と呼ばれています。線量限度の適用は、職業被ばく（放射線を取り扱う仕事をしている人の被ばく）と公衆被ばく（一般の方の被ばく）に適用されますが、医療被ばくには適用されません。これは、放射線を使用して得られる診断や治療（利益）のための放射線に線量限度という制限をかけることで、“診断がつかない”“不十分な治療”などリスクが大きくなり、患者さんの利益を損ねることになるかもしれないからです。

2) 放射線の利用

医療での放射線利用は、病気の原因を調べたり、治療したりすることに使用します。種々の検査がありますが、一般撮影は胸部撮影（結核や肺がん検診など）や腹部撮影（腹痛など）、骨部撮影（骨折など）で、人体の放射線に対する吸収差を利用して画像を作成します。身体には厚みがありますが、一般撮影は平面の写真なので構成するものの吸収差を重ね合わせた画像になります。透視撮影検査は、バリウムを使用した胃の撮影（胃がん検診など）や注腸検査などに使用します。CT 検査は、一般撮影より多くの線量を使用しますが、その分情報も多く得ることができます。一般撮影での重ね合わさった画像の断面を見ることができます。その断面の見る厚みを変え、自由な方向から断面を見ることができます。造影剤を使って血管やリンパ節の情報もわかります。3D の画像を構築することもできます。血管撮影検査では、^{くば}管（カテーテルといいます）を診たい血管まですすめて造影剤を使用することで、全身の血管の情報を得ることができます。また、IVR（インターベンションといいます）と言って、頭の動脈瘤に金属コイルを入れ動脈瘤が破裂して出血しないようにする、心臓や腎動脈や下肢血管などを風船で広げて血流の改善をする、肝細胞がんの栄養血管の末梢までカテーテルをすすめて、そこから抗がん剤を流し塞栓物質でその血管に蓋をして、がん血流がいかないようにするなど、手術より侵襲の少ない方法で治療することができます。アイソトープ検査は、今までの体外から放射線をあてる検査と違い、体内に放射性医薬品をいれ、体内からの放射線をとらえて画像化するものです。がんの検索に使用するペット（PET）と呼ばれる検査も同様です。最近では、CT や MR と組み合わせて使用するものもあります。放射線治療は、高いエネルギーの X 線や γ 線を病巣に照射し、がん細胞を死滅させるものです。

3) 被ばく管理

医療で使用されている放射線も、他の放射線と人体への影響は同様です。クリニックや病院、健診施設などで放射線を扱う診療放射線技師、また X 線発生装置を作っているメーカーなど、必要な画像を適切な線量で撮影・治療できるように管理や開発努力をしています。

【さいごに】

この稿では、放射線の基礎と医療での利用をお話しました。“放射線は怖いもの”というイメージをお持ち

ちの方も多いのではないのでしょうか。“放射線は怖いもの”というのも、間違いではないと思っています。ただ、有効に適切に放射線を利用することにより、利益の方がリスクより大きくなるということも知っていただきたいと思います。放射線に対して理解を深めていただき、上手に怖がってほしいと思います。その手助けになれば幸いです。

参考文献

1. 放射線医療技術学叢書（3 1）図解放射線防護 ミニマム基礎知識：公益社団法人日本放射線技術学会 出版委員会，2012 年
2. ICRP Publication 103（和訳） 「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」，社団法人 日本アイソトープ協会，丸善（2009）
3. 畝山智香子：安全な食べものってなんだろう？放射線と食品のリスクを考える（第 2 刷），日本評論社（2012 年）
4. 環境省 放射線健康管理担当参事官室・独立行政法人 放射線医学研究所：発行 図説ハンドブック 放射線の基礎知識と健康影響（第 2 版），2014
5. 公益社団法人放射線影響研究所 HP: <http://www.rerf.jp/general/whatis/index.html>
6. 佐々木康人著 放射線医学総合研究所 編：身近な放射線の知識，丸善（2006）

2. 食品に含まれる放射性物質 ～内部被ばくと外部被ばくは違うの？～

広藤 喜章

国立病院機構 名古屋医療センター / セントメディカル・アソシエイツ LLC

【はじめに】

私たちのまわりにあるあらゆる物質は、とてもとても小さな「原子」から成り立っています。この原子は大まかに分けると、「安定して壊れない」と「不安定で壊れていく」ものがあります。私たちの生活環境下では、極微量ながら壊れやすい原子が存在しており、この壊れやすい原子のことを「放射性物質」や「放射性元素」などと呼んでいます。放射性と名の付く理由は、原子が壊れる際に放射線（エネルギー）を外に向かって放つからです。では、放射性物質とは特殊なもので、食物や空気といった自然の中には存在しないものなのか、このあたりのお話しを進めていきたいと思います。

【放射性物質の特徴】

放射性物質と言われる元素は、一定の速度をもって壊れていき、その過程で放射線を放出し、その後、安定した物質に変わっていきます。原子が壊れる早さや放射線の種類、エネルギーなどは、物質ごとに決まっています。原子が壊れて半分となる時間を「半減期」（正確には「物理学的半減期」）と言い、壊れた原子は別の物質に変化していきます。この壊れていく間に放射線を出していくため、1 半減期分の時間が経てば元の 1/2 の放射線量となります。また、物質から出るエネルギーはその物質ごとに決まっております。主な放射性物質の半減期を表 1 に示します。ここで示すように、非常に短い半減期の物質もあれば、地球誕生以来、未だ半分しか壊れていないようなものもあります。

表 1 主な放射性物質とその物理学的半減期

放射性物質	半減期	放射性物質	半減期
ラドン 222	3.8 日	セシウム 137	30 年
ヨウ素 131	8.0 日	炭素 14	5730 年
セシウム 134	2.1 年	カリウム 40	約 13 億年
ストロンチウム 90	29 年	ウラン 238	約 45 億年

【半減期の種類】

先ほどのお話しは、物理学的半減期と呼ばれるものでしたが、体内に物質が入った場合は、物質ごとにその排泄時間が異なります。体内に長くとどまるものや、特定の臓器に運ばれ蓄積しやすいもの、また、元々別の物質がある故に直ぐに体外へ排出されるものなど様々です。体内に入った物質が体外へ排泄される課程で、その量が半分となる期間を「生物学的半減期」と言います。これは物質個々の化学的な特徴によるものです。化学的な性質ですから、安定物質でも放射性物質でも同じ動きをします。

放射性物質を体内に取り込んだ場合は、「物理学的半減期」と「生物学的半減期」の二つが関係し、並行して減っていくことになります。これを「実効半減期」と呼んでいます。例えば、物理学的半減期が約 30 年のセシウム 137 が体内に取り込まれた場合でも、大人では体内の放射性物質はおおよそ 3 か月で約半分になります。セシウムは体内に長く留まらず、排出されていくスピードの方が早いことによります。

【自然界にある放射性物質】

福島原発事故以来、放射能汚染とか被ばくなどといった、これまでに聞き慣れない怖いイメージを持つ言葉を耳にするようになりました。確かに話題となるセシウム 137 やヨウ素 131 といった物質は人工的に作られたもので、自然界には存在しません。では、放射性物質は自然界の限られたところにあるもので、普段私たちとは無縁なものなのでしょうか？

ご存じの方も多いとは思いますが、自然界のあらゆるところで放射性物質は存在しており、私たちはそれを体内に取り込みながら生活をしています。動植物が生きていくために必要な空気や食べ物にも、様々な種類の放射性物質が混じっています。事故後、初めて放射性物質を取り込んでしまった、とか、1 ベクレルでも危険だ、などといった文言が飛び交いました。しかし、食べ物には、例えばカリウムと言った人間が生きていくために必要な物質があり、そこには必ず放射線を出す放射性カリウムが一定の割合で混じっています。また、大気にもラドンという放射性物質が混じっており、呼吸するたびにこれを体内に取り込んでいます。

【食品に含まれる放射性物質】

私たちが口にする食物の中での自然放射性物質を挙げますと、放射性カリウム 40 や放射性炭素 14 などがあります。これらは毎日のように摂取しており、例えば、体重 65kg の男性では、体内に「カリウム 40 が 4,000 ベクレル、炭素 14 が 3,600 ベクレル」存在しています。食品に含まれるカリウム 40 の量を表 2 に示します。これらは食品 1kg の中に含まれる放射能の量ですので、通常この量を一気に口にすることは不会でしょう。他にも、いずれも放射性の鉛 210、ポロニウム 210、ルビジウム 87 などが食品に含まれており、先ほどの体重男性では、合計 8,000 ベクレル程度になります。毎日食事をとっているの、これらが日々減るわけではありません。また、15kg の子供を単純に計算しますと、体内に 2,000 ベクレル程度の放射性物質が存在することになります。

表 2 主な食品に含まれる放射性カリウム 40

食品	放射能 (Bq/kg)	食品	放射能 (Bq/kg)
干し昆布	2,000	魚	100
干し椎茸	700	牛乳	50
お茶	600	米	30
ドライミルク	200	食パン	30
生わかめ	200	ワイン	30
ほうれん草	200	ビール	10
牛肉	100	清酒	1

では、自然に存在するもの当然含まれているけど、これまで人工的なものは含まれていなかったかという、そうでもありません。これは 1950 年代より米・ソ・中などで行われていた、大気圏核実験のフォールアウトと呼ばれる放射性降下物が日本にも降り注いでいたからです。図 1 にフォールアウトの環境計測値を示します。大気中に人工放射性物質が混じっていたわけで、これらが降雨などで土壤に染み込み、ここから米や野菜を採っていました。放射性降下物は、未だに微量ながら存在しています。食品に含まれるストロンチウム 90 は、どうやら福島原発事故以前の方が数十倍多かったと計算されています。一方、セシウム 137 は、福島をはじめ、東北から関東にかけて降り注いだことは間違いありませんが、土壤からの移行は非常に少ないことも分かってきています。また、土壤から食物への移行は、濃縮されるものではありません。これは、セシウムが土壤中の鉱産物に強く吸着するため、水分を吸収する農作物には移行しにくくなっていることに起因します。

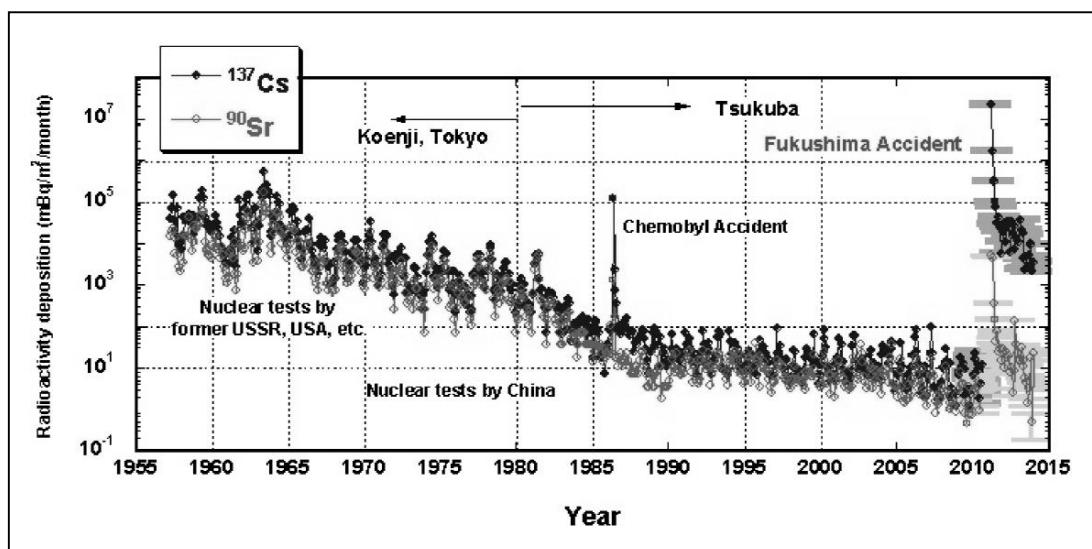


図1 フォールアウトの環境計測値（出展：環境における人工放射能の研究 2013, 気象研究所）

【大気・大地からの放射線】

食品以外の自然放射線では、体外から受けることもあります。それは宇宙から降り注ぐ宇宙線と呼ばれる放射線や大地からの放射線です。大地から出てくる要因は、主に地盤を構成している土や石の組成によります。花崗岩を含んだ土壌は西日本で多く分布しています。花崗岩には天然の放射性ウランやトリウムといったものが多く含まれ、また、先ほどのカリウム 40 も 1kg あたり 1,000 ベクレルほどあります。前述では放射性物質が体内に入ることにより、体の内側で放射線を受けることになりますので「内部被ばく」と呼ばれるものでしたが、大気からは体の外側から放射線にさらされることになりますので「外部被ばく」と呼びます。一方、ラドンは呼吸をするたび肺から取り込むので、「内部被ばく」となります。

ここで、放射線による影響（リスク）を示すには、“シーベルト (Sv)”という単位を使います。よく内部被ばくは外部被ばくより影響が大きいとか、内部被ばくの 1 ミリシーベルトは外部被ばくのそれより危ない、などと言う方がおられますが、同じ“シーベルト”という単位で示るのであれば「内部被ばくも外部被ばくも同じ影響量（リスク）」となります。自然界での外部・内部の放射線被ばくによる影響をシーベルトで表すと、世界では平均 2.4 ミリシーベルト、日本では 2.1 ミリシーベルト程度とされています（図 2 参照）。

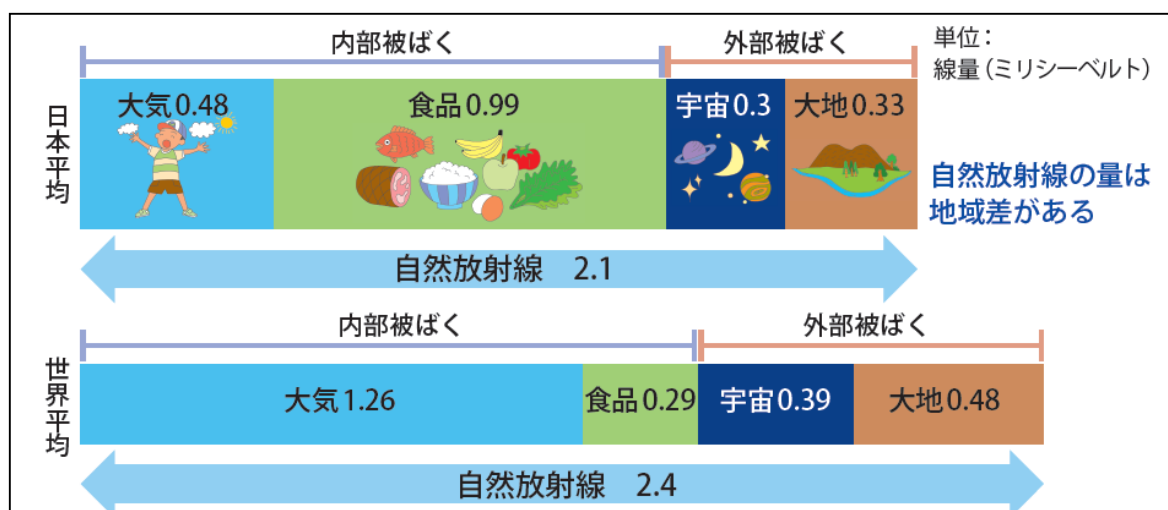


図2 1年間に受ける自然放射線 -1人当たりの年間線量-（出展：食品と放射能 第9版, 消費者庁）

【食品への放射線応用】

私たち人類は、食品を殺菌し長期保存する術を身につけてきました。天日乾燥や缶・ビン詰、冷蔵・冷凍、添加物などです。これらに加え、放射線を利用した食品照射と呼ばれるものがあります。食品に放射線を照射することで、発芽防止や殺菌、殺虫などに役立てられています。有名なものは、馬鈴薯やタマネギなどへの発芽防止です。馬鈴薯は発芽の際に、ソラニンやチャコニンといった毒素を生産するため食中毒の原因となっていました。わが国では、2000年頃までは発芽防止剤を集荷前に散布していましたが、残留毒性が問題となり、現在では使用されていません。馬鈴薯への放射線処理は、貯蔵を長持ちさせる以外にも、衛生面でも有効な処理法として幅広く応用されています。放射線照射の最も優れていることは、病原菌の殺菌と殺虫処理です。一方、害虫駆除を行う方法に、不妊虫放飼法と呼ばれるものがあります。例えば、これまで日本で確認されていない害虫が海外から運び込まれ、日本の食物を食い荒らすといったことも考えられます。いえ、実際にあったお話しです。そこで、人工的に不妊化した害虫を大量に野に放ち、害虫の繁殖を妨げることにより子孫が生まれず、その結果、害虫個体を撲滅させていくといった狙いです。沖縄でのウリミバエ放飼は有名です。害虫駆除に大量の農薬を使用する必要も無く、食物は安全に守られます。この害虫不妊化にも放射線が応用されています。もちろん、放射線照射による食品や生物に対する健全性は、様々な角度から評価され、安全性が証明されています。

【おわりに】

“放射線”、“放射能”と聞くと、どうしても、「危ない」とか「怖い」などのイメージしか浮かばないかもしれません。しかし、放射線技術は既に色々な分野で応用され、身近なところで安全に活用されています。すなわち、「今が安全」と思えるなら、その中には放射線がいっぱい混じっていたはずで、食物しかり空気しかり。これが皆さんの言う安全のスタートだと思います。とはいっても、放射性物質が安全であるとは言い切れません。また、自然だから安全で人工だから危険といったものでもありません。これまで人類はこれらと上手につきあいながら、時には失敗し、時には有効利用しながら進化していきました。日本固有の食物を守ることに、私たちが安心して口にするためにも、放射線の応用技術は欠かせないものとなっています。皆様がこれまで以上に、正しく放射線を理解して頂ければと思います。

－参考図書・文献－

- ・叢書(31)“ 図解放射線防護ミニマム基礎知識”、日本放射線技術学会
- ・畝山智香子（著）“ほんとうの「食の安全」を考える ―ゼロリスクという幻想”、化学同人
- ・畝山智香子（著）“「安全な食べもの」ってなんだろう？放射線と食品のリスクを考える”、日本評論社
- ・林 徹（編著）“食品・農業分野の放射線利用”、幸書房
- ・関澤純（著）“食品の安全と放射性汚染 ―子どもとくらしの明日のために”、コープ出版
- ・中西準子（著）“食のリスク学 ―氾濫する「安全・安心」をよみとく視点”、日本評論社
- ・環境における人工放射能の研究 (2013), 気象研究所
- ・食品と放射能 第9版, 消費者庁

3. 放射線と食品のリスク ～食の安全を確保するためには～

畝山 智香子

国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部

食品の安全は全ての人にとって重要であり常に関心も高い。ただその「関心」の内容はその時々、世相を反映して国や時代によって多様である。近年の日本では BSE（牛海綿状脳症）やダイオキシン、残留農薬や食品添加物が話題になることがあったが、2011 年 3 月の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故以降は放射性物質による食品汚染への関心が高まった。放射性物質についての基本的知識は原子力産業関係者によって伝えられてきたと思われるが、食品の安全性という文脈で放射能汚染をどう考えるかということについてはまだ情報提供が十分ではないと思われる。ここでは食品中化学物質のリスク評価について、特に放射性物質が含まれる「遺伝毒性発がん物質」のリスクについての考え方と現状の概要を説明する。

最初に食品の安全性とリスクについての基本的定義から確認したい。食品の安全性については多くの人が自分はわかっている、という誤解をしている。実際には「安全」の意味から関係者で一致しないことが多い。図に示したのは食品リスクの研究者と一般の人々の食品の安全についてのイメージの概念図である。食品はもともと何が含まれているかわからない、「未知の化学物質のかたまり」で、そのリスクもよくわかっているわけではない。しかしもちろんよく調べられている部分もあり、その代表が食品添加物や残留農薬のような、意図的に食品に加えられているもの、である。これらについては使用前に安全性についてのデータを提出して認められた場合にのみ認められた条件で使うことができ、その安全性のレベルは、消費者に健康被害を出さないように設定されている。従って食品そのものより「安全」性は高い。一方で食品には意図的に加えているわけではないいろいろなものが含まれ、それらは総称して汚染物質と呼ばれる。地球上にもともと存在するヒ素やカドミウムなどの有害重金属、大気汚染、食品を加工することで生じる多様な物質、微生物の作る様々な毒素—これらは意図せず食品中に存在し、それと気がつかないまま健康被害につながる可能性もある。もちろん食品の安全性確保のためには

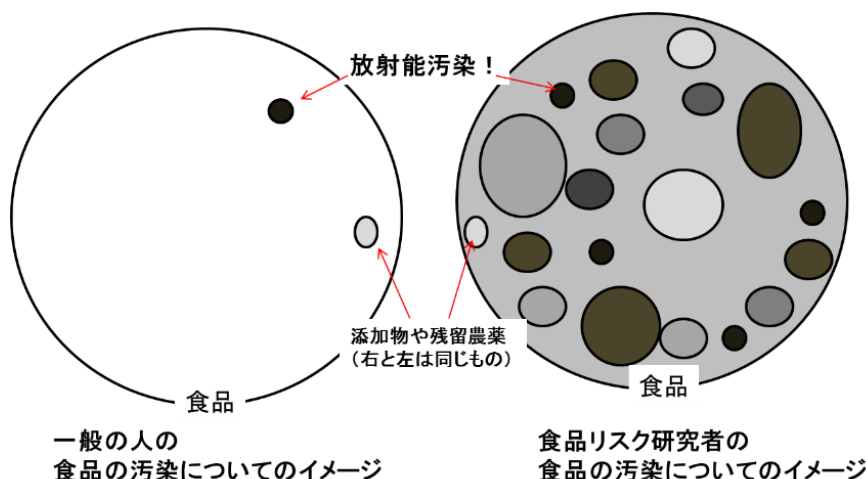


図 食品リスクの研究者と一般の人々の食品の安全についてのイメージ

こうしたものもコントロールする必要があるのだが、その管理は意図的に加えるものより難しく、完全に排除するのは困難である場合が多い。そのため目標とされる安全性基準は意図的に加えられるものに比べればレベルを低くせざるを得ないものが多く、健康被害が出るまでの余裕が小さいものがある。安全性の水準を高くしすぎると食べられるものがなくなってしまうからである。食品関係の規格基準には想定されている安全性のレベルが相当違うものが混在していて、「基準を守っている」ことが同じ安全性を保証しているわけではない。

このように食品にはそのものの複雑さとそれを反映した安全基準の複雑さがあるのだが、身近で見慣れたものだから「よく知っている」と思われてしまい、調べてみよう、良く考えてみようという動機が働きにくく、思いこみが修正されないままになっていることがしばしばある。放射性物質による食品汚染の場合では、放射性物質汚染は確かにリスクの一つではあるが数あるリスクの中の一つでしかないのに、放射性物質「だけ」を避けることに気を配った結果かえって食品由来の発がんリスクを高くしてしまっているケースがある。食品の安全性を確保するには常に全体の中でのリスクの大きさの程度と、何らかの対策をとる場合にはその対策の結果変動する別のリスク（トレードオフ）についても考慮する必要がある。

食品中にはいくつかの発がん物質が含まれることがわかっていたが、そのリスク評価が大きく進んだのはアクリルアミドが相当量含まれることがわかった 2000 年代以降である。それ以前は ALARA の原則－合理的に達成可能な限り低減する－という原理原則を自動的に当てはめるだけで終わることが多かった。これは食品添加物や残留農薬のような意図的に加えられるものに対しては、遺伝毒性発がん物質は使用を認めない、ということの意味する。しかしアクリルアミドのように非意図的に相当多くの食品に含まれるものについてはそれほど簡単ではない。また食品中の遺伝毒性発がん物質は少なくとも二桁はみつかっておりこれからも増えるであろう。それら全てに対して一律に対応するのは現実的ではないため、リスクの大きいものから優先的にリソースを割り当てる必要がある。そのためにリスク管理の優先順位付けを行うリスクランキングの手法が開発されてきた。それが暴露マージン（MOE）や障害調整生命年（DALY）といった指標である。MOE は無毒性量やベンチマーク用量といった有害影響の指標になる量と実際に食べている量の比、安全側にどれだけ余裕があるかを示す量である。DALY は疾病などで失われる健康に生きる年数を集計したもので、疾病負担とよばれる。このようなリスクの大きさを定量し比較するツールを用いて、自分の食生活のなかで何が一番リスクが高いのか、どのような対策をすることが最も効果的なのかを評価することができる。表にこれまで世界の食品安全機関で評価されてきた食品中遺伝毒性発がん物質の MOE の数値の一部を抜粋して紹介する。現時点では食品中の発がん物質のうち優先的に対策すべきものとして無機ヒ素やアクリルアミドなどが指摘されている。放射線のリスクもこの文脈で考えることが可能である（注）。

世界の食品安全担当機関は、食品中に含まれる膨大な化合物のリスクを評価する努力を続ける一方で、一般の人々の日々の生活において実施可能なリスク管理対策としては「いろいろな食品からなる多様な食生活」を薦めている。これは未知のリスクも含めて、特定のものによるリスクを最小化するためにはリスクの分散が効果的だからである。特定の食品や産地や生産方法などに「こだわる」ことこそがリスクを大きくする可能性がある。十分な栄養を摂るためにもいろいろなものを食べよう、と言われてきたので特に目新しいものでも難しいことでもないだろう。幸いなことに現代の日本では普通に生活していれば日本中あるいは世界中の食品が手に入り、特に意識しなくても「いろいろなものを食べる」ことが可能で

ある。リスクがあるから避けよう、ではなく、リスクを知った上で上手につきあって充実した食生活を楽しんで欲しい。

表 遺伝毒性発がん物質の MOE 値

物質	条件	MOE	POD	機関
ベンゾ(a)ピレン	食品由来	130,000–7,000,000	動物実験のBMDL ₁₀ 0.1mg/kg 体重/日	COC, 2007
6価クロム	食品由来	9,100–9,0000	動物実験のBMDL ₁₀	COC, 2007
ベンゾ(a)ピレン	平均的摂取群	17,900	動物実験のBMDL ₁₀ 0.07mg/kg 体重/日	EFSA, 2008
カルバミン酸エチル	ブランドーとテキーラを飲む人	>600	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日	EFSA, 2007
アクリルアミド	食品由来	78–310	動物実験のBMDL ₁₀ 0.31mg/kg 体重/日	JECFA, 2010
アクリルアミド	オランダの2–6才の子ども	133–429	動物実験のBMDL ₁₀ 0.3mg/kg 体重/日	RIVM, 2009
アフラトキシンB	オランダの2–6才の子ども	163–1,130	動物実験のBMDL ₁₀ 0.16x 10 ⁻³ mg/kg 体重/日	RIVM, 2009
フラン	一般人平均	960	動物実験のBMDL ₁₀ 0.96mg/kg 体重/日	JECFA, 2010
ピロリジジナルカロイド	ハーブティーをよく飲む人	474–540	動物実験のBMDL ₁₀ 0.073mg/kg 体重/日	BfR, 2013
食品中ヒ素	香港平均	9–32	ヒト疫学データのBMDL ₀₅ 3μg/kg 体重/日	CFS, 2012
食品中ヒ素	フランス成人95パーセンタイル	0.6–17	ヒト疫学データのBMDL ₀₁ 0.3 ~ 8 μg/kg 体重/日	ANSES, 2011
放射線	10 mSv	10	ヒト疫学データ、100 mSv	FSC, 2011

(注) 表中の略語

COC：食品、消費者製品、環境中化学物質のがん原性に関する科学委員会（英国）

ANSES：フランス食品環境労働衛生安全庁

EFSA：欧州食品安全機関

JECFA：FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議

RIVM：オランダ 国立公衆健康環境研究所

CFS：香港食物環境衛生署食品安全センター

BfR：ドイツ連邦リスク評価研究所

POD：評価の基準となる量

BMDL：ベンチマーク用量 95%信頼下限値

(BMDL10 は腫瘍発生が 10%増加する BMDL)

Effect of staff training on radiation dose in pediatric CT

(小児CTの被ばく線量におけるスタッフのトレーニング効果について)

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Hojreh A / European Journal of Radiology, vol.84 Iss.8, August 2015

文献の英文表記: 著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Hojreh A, Weber M, Homolka P. Effect of staff training on radiation dose in pediatric CT. European Journal of Radiology, 2015 Aug;84(8):1574-8.

論文紹介著者

西丸 英治 (広島大学病院 診療支援部)

論文解説

小児の CT 検査は、撮影時間の高速化および被ばく線量の低減化の技術開発の進歩により、画像診断アルゴリズムの中で重要な位置づけとしてその地位が確立されている。しかしながら、成長過程にある小児の被ばく線量は、成人と比較してその影響が大きいことが懸念されるため、as low as reason-ably achievable (ALARA) 原則および臨床のニーズを考慮ながら撮影プロトコルの検証を慎重に行い、可能な限り被ばく線量を低減する必要がある。

近年の CT 装置において、被ばく線量の低減を支援する技術として、体格や必要な画質に応じて管電流の値を自動で変更する automatic tube current modulation (AEC) や逐次近似再構成法などがある。一方で、被ばく線量の最適化に対する異なるアプローチとして、Diagnostic Reference Levels (DRLs) の値を参考値として導入する方法があり、DRLs を利用した被ばく線量の最適化は、これまでに多数検証され報告されている。よって DRLs を参考値として、自施設の DRLs と比較、検証することは有効であり非常に強力なツールであると考えられる。近年では小児の DRLs が各国から報告され参考値として利用する事が可能となっている。

本論文では、小児の CT 検査における自施設の DRLs の調査に加えて、CT 検査の日常的な品質管理（ユーザーによる検証：毎月、メーカーによる装置点検：半年ごと）を実施、記録を行い、その結果を年 1 回の頻度でスタッフトレーニングを行うことにより（約 90 分）、自施設の小児の CT 検査における被ばく線量の適正化を試みている。本論文のトレーニングには、線量測定の方法や放射線防護規則、関連する出版物および研究報告など放射線に関する基礎的な内容も含まれており、毎回トピックスを変更して行っていた。

本論文の DRLs の対象は、2010～2012 年の間に CT 検査を施行した 18 歳以下の患者である（件数；2010 年：1799 件，2011 年：1582 件，2012 年：1525 件）。なお、2010 年のデータはスタッフトレーニングを

始める以前のデータとなっており，2011，2012 年の結果と比較されている．撮影部位は，頭部（Cranial：CCT），胸部（Thorax CT），腹部骨盤（Abdomen-Pelvis CT），頸部もしくは胸部～骨盤部（Trunk CT）に大別され調査された．

結果は，スタッフトレーニングを行うことで，頭部，胸部，腹部骨盤の CT に関してトレーニングを行う以前の 2010 年に比較して優位に被ばく線量が低下した（Table 1）．Trunk CT に関しては統計的な有意差が得られなかった．Fig. 1 に各年の年齢別に分別した撮影部位の DLP における箱ひげ図を示す．

Table 1 ANCOVA results for logarithms of dose reference level (DLP) values.

	Average log (DLP)			P
	2010	2011	2012	
CCT	6.43	6.29*	6.23*	<0.01
Thorax CT	4.45	4.12*	3.97*	<0.01
Abdomen-Pelvis CT	5.14	4.87*	4.76	<0.01
Trunk CT	5.15	5.10	4.67	>0.05

* Indicates statistically significant reduction compared to preceding year.

※本文中の Table 3 ” ANCOVA results for logarithms of dose reference level (DLP) values.”より抜粋．

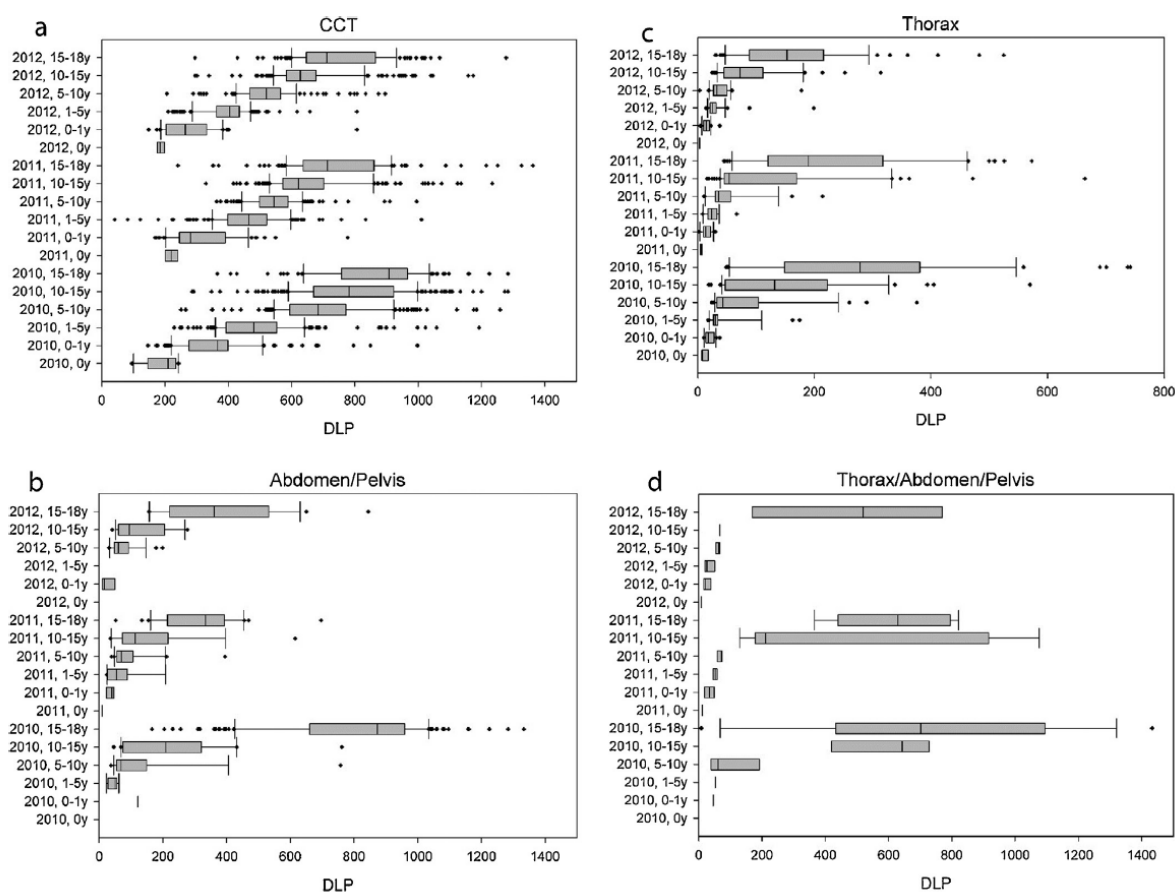


Fig. 1 (a-d): Box plots of dose length products (DLPs) distributions in age bands compared for 2010, 2011, and 2012.

※本文中の Fig. 1 ” (a-d): Box plots of dose length products (DLPs) distributions in age bands compared for 2010, 2011, and 2012.”より抜粋．

2010 年に比較して、各年齢の DLP の幅はおおよそ減少しているため、Table 1 で有意差が認められなかった Trunk CT においても DLP の幅は 2010 年と比較して 15-18 歳のグループを除いて減少しており、スタッフトレーニングの効果が認められた結果を反映していると考えた。

結論として、自施設の DRLs の結果を検査に携わるスタッフトレーニングに採用することは、小児 CT 検査の撮影線量の最適化に繋がり、被ばく線量の低減に大きく寄与することが実証された。よって、National DRLs (NDRLs) のプレゼンテーション (提示) においても、放射線医学における CT 検査の撮影線量の適正化に最も寄与する情報であるとしている。

以上が本論文の概要である。本論文では、過去に報告のあった放射線教育と放射線医学における放射線検査の被ばく線量の減少効果について多数の論文を引用し、本検討結果の妥当性を示している。しかしながら、自施設における今回の DRLs の値の妥当性、つまり診断に適正な画質なのかもしくは過剰な画質であるか、診断に耐えがたい画質であったのかという画像診断に対する本質的な議論がなされておらず、この点は本論文の課題であると考え。筆者は、この問題の解決策として、Austrian, German と Swiss の DRLs と本検討結果を比較しているが (Table 2)、自施設の DRLs の値が妥当であるかどうかは結局述べられていない。

Table 2 Dose reference levels (DRLs).

	Cranial CT			Thorax CT			Abdomen-Pelvis CT			Trunk CT		
	AUT	GER	CH	AUT	GER	CH	AUT	GER	CH	AUT	based on	
											GER	CH
Newborn	300	300	290	80	20	12	n/a	45	27	n/a	52	31
1 year	400	400	390	100	30	28	n/a	85	70	n/a	92	78
5 years	600	500	520	150	65	55	n/a	165	125	n/a	184	144
10 years	750	650	710	180	115	105	n/a	250	240	n/a	292	276
15 years	900	850	920	200	230	205	n/a	500	500	n/a	584	564

* Comparison values derived from thorax and abdomen/pelvis DRLs. AUT, GER, CH corresponds to Austrian, German, and Swiss values.

※本文中の Table 1 “Dose reference levels (DRLs).”より抜粋。

また、本論文の DRLs の調査に用いたのは 2 社 (計 6 台) の CT 装置である (シーメンス ; Sensation Cardiac 64, Sensation Open, Sensation4, Sensation 64 thereafter, Definition Flash およびフィリップス : Brilliance64)。これらの装置の製造およびリリース時期は大きく異なり、その性能の差が影響していることが考えられる。本論文のリミテーションとして、DRLs の調査中における機器の更新の影響について述べてられており、CT 装置の技術の進歩が直接被検者の被ばく線量の低減につながることを明確に述べている。結論では、AEC や逐次近似再構成法、管電圧の自動変更機構の最新のアプリケーションについて触れられており、それらを利用する事で被ばく線量低減の促進につながると述べている。このことは、年次が進むに向けて被ばく線量が低減している Table 1 の結果にもその要因が含まれていると考えられる。

CT 装置の撮影プロトコルには、撮影部位、目的に合わせて様々な項目がユーザー側で変更できる。それら項目の中で画質に大きく影響するのは再構成フィルタ関数である。再構成フィルタ関数は、CT 画像の空間分解能とノイズ特性を調整する役割を有しており、画像診断において重要な項目である。空間分解能とノイズ特性は相反する関係であり、再構成フィルタ関数によって被検者の被ばく線量は大きく変化する事を念頭に置き撮影プロトコルの設定を行う必要がある。本論文の結果で、Trunk CT は年次変化に対して DLP の値に有意差が認められなかった。筆者はこの理由として、低コントラスト検出能を重視した撮影プロトコルとなっていたためであるとしている。この文章から推測されることは、低コントラスト検出能を重視するあま

り、撮影プロトコルの条件が高線量側にマージンを取っているということである。このことは、その他の部位が年次ごとに DLP は減少していることを考慮すると Trunk CT の撮影プロトコルの再検証が必要であることを示唆している。さらに、今回検討した CT 装置は収集 field of view の概念が無く、体格の小さい小児の結果において DLP の値が 16 cm ファントムの値であるのか、32 cm ファントムの値であるのか、明確にされておらずその正確性に疑問が残る。そのため、歯切れの悪い結果となっている。Fig. 2 の結果は、自施設の DRLs にも関わらず、同年齢の DLP の値が大きく異なる結果となっているため、DLP の正確性や人為的な要因（放射線診断医の好み？など）等の様々な問題点を含んでいると言わざるを得ない。しかしながら、自施設の DRLs や NDRLs を放射線スタッフの教育に利用する効果は、Table 1 の結果を見ても明らかで、さらに継続することによる被ばく線量の適正化、低減化への可能性を示していると考ええる。

Units related to radiation exposure and radioactivity in mass media: the Fukushima case study in Europe and Russia

(マスメディアにおける放射線被ばくと放射能に関連する単位:ヨーロッパとロシアにおける福島の場合を通して)

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Perko, T. / Radiation Protection Dosimetry 164 (2015) 154-159

文献の英文表記: 著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Perko, T. Tomkiv, Y. Oughton, D. H. Cantone, M. C. Gallego, E. Prezelj, I. and Byrkina, E. **Units related to radiation exposure and radioactivity in mass media: the Fukushima case study in Europe and Russia**, Radiation Protection Dosimetry 164 (2015) 154-159

論文紹介著者

大葉 隆 (福島県立医科大学 医学部 放射線健康管理学講座)

論文解説

論文解説:

マスメディアの報道内容について、東京電力福島第一原子力発電所(福島第一原発)事故後に多くの議論が起こったことは、記憶に新しい。マスメディアは、福島第一原発の危機的な状況など広く伝えるために、重要な役割を果たしたが、当時の報道内容は原発事故に関する放射線影響への公衆の反応に直接的、若しくは、間接的に恐怖心を与えるものもあった。

Covello らはマスメディアを通じた放射線リスクコミュニケーションについて、「悪い放射線リスクコミュニケーションは感情を仰ぎ、公衆の信頼を揺るがし、危機の存在を身近にさせる」とし、「良い放射線リスクコミュニケーションはナーバスな公衆を落ち着かせ、信頼を築き、協力的な行動を起こす」としている。放射線リスクコミュニケーションの内容の伝達方法は、「量的情報」と「質的情報」の2点がある。「量的情報」とは、放射線の単位とその量を伝える方法であり、 $\mu\text{Sv/h}$ 、 Bq/L や Bq/kg の単独の情報である。「質的情報」とは、マスメディアが専門家や役人と公衆との間に立ち、公衆が関心のある情報を(翻訳し)提供することにある。

報告は、6つの国における福島第一原発事故の報道で「量的情報」と「質的情報」を1) どのような報道内容で、2) 国による情報提供方法の違いの解析である。最終的に、公衆への放射線リスクコミュニケーションの改善の仕方を探ることである。対象となった国は、ベルギー、イタリア、ノルウェー、スペイン、スロベニアと、ロシアであった。各国代用的な新聞を2社ずつピックアップした。「福島」と「原発」をキーワードとして、2011年3月11日から同年5月11日までの合計1,340部を調べた。各国の新聞の

結果であるが、「量的情報」として、数値と単位で報道された記事は、全体の16%以下であった（Figure 1）。単位の中で、mSvが多く報道されたかということ、「原発作業員の緊急時被ばく線量の上限が100 mSvから250 mSvに変更されたこと」が多く取り上げられたからであった。Figure 2には、「量的情報」として、国別の報道された放射線の単位を示す。ロシアでは、SI単位系でなくR（レントゲン）やrad（ラド）などの単位が用いられた。イタリアでは、Bq/kgやBq/m²などの単位が報道され、食品や土壌の放射能汚染がクローズアップされた。「質的情報」は、放射線リスクコミュニケーションについて、法的な規制値、放射線リスクの医療被ばくの説明や、飛行機でのフライトにおける被ばくリスク、環境バックグラウンドの被ばく線量や、原発作業員の被ばく線量、チェルノブイリ原発事故時の被ばく線量など様々な項目で比較された。放射線の線量における「質的情報」は、福島状況を報道するときに1/4の記事で使われていた。イタリアを除くほとんどの国における「質的情報」の比較対象の50%は、自国の法的な規制値であった。ロシアやスロベニアを除く、国々では、38%の記事で過去原発事故（チェルノブイリ原発事故）と比較していた。スロベニアは、環境バックグラウンドとの比較が著しく多かった。また、原発作業員の被ばく線量との比較の記事は、イタリアでは見られなかった。それはイタリアが原発反対国で原発が存在していないことに起因していた。

リスクコミュニケーションとして公衆に伝える場合、放射線の数値と単位のみで情報を提供するのではなく、比較対象となるものと同時に情報を提供することが、放射線リスクを理解するうえで、重要なファクターとなると考える。これは、福島のような原発事故の場合に限ったところでなく、医療被ばくを患者さんに説明する場合にも役立つと考える。皆様は、福島での放射線リスクコミュニケーションにおける情報提供や医療被ばくの患者さんへの説明を具体的な比較の例を基に伝えることができますか？

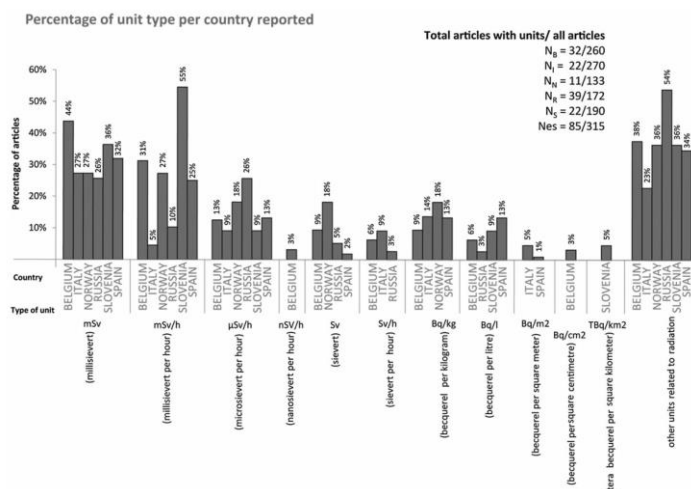


図 2 各国のメディアにおける放射線被ばくと放射能に関する単位
(Perko, T. / Radiation Protection Dosimetry 164 (2015) 154-159 Fig.2 より転記)

第6回放射線防護セミナーを受講して

高橋 伸光
奥州市総合水沢病院 放射線科

私が今回セミナーを受講した理由は、日常業務において「放射線ひばく」に対する相談が増えていること、今年度発表された診断参考レベル（DRLs）をどのように理解すべきか考察することの2点でした。

2011年の福島原子力発電所の事故以来、市民の「被ばく」に対する不安は大きくなっており、放射線検査にあたって丁寧かつ慎重な対応が求められています。私の勤務する岩手県奥州地区は福島原発から約200キロメートル離れているものの、爆発事故後の雲の流れ、降雨によってホットスポットとなっています。この事実は、震災直後から独自に定点観測をしていた私達のデータとともに当地域で報道され、被ばくに対する市民の関心が高まることとなりました。当然、検査における医療被ばくへの相談も増え、「検査を受けていいものか」「どのくらい被ばくするのか」などの質問には苦慮します。その都度、私達はどのように伝えることが適切であるか検討してきましたが、答えは今も出ません。本セミナー中も“相談対応に答えはない”というお話がありました。患者さんの拠り所はやはり私達技師にあるのでしうし、適切な知識をもった上で、言葉を選択し、不安を抱くひとりひとりのケースにあわせて真摯に向き合わなければいけないのだと、答がないことこそが答えなのだ学びました。

講師の先生方のプログラムはとても丁寧で、即効性のあるお話であったことは勿論で、とても勉強になりました。セミナーの肝である相談対応のロールプレイ、グループ討議は、技師側の態度や話の進め方、専門的知識の提供の方法など具体的に体感することができ、とても有意義でありました。リスクコミュニケーションは、「苦情対応」でなければ「説得」でもないという言葉は印象深かったです。あくまでも不安や疑問を抱く患者の“相談役”であるという認識をすることが重要だと感じることができました。同じ目線で、静かに耳を傾けること、科学的知見、臨床的意義を理解した上で丁寧に説明することが成すべきことで、時には代替え検査の検討や中止も選択肢として持ち合わせなければいけない、これはやはり診療放射線技師にしかできないことだと思います。”コミュニケーション”は技師のパーソナリティにも依存し、うまく出来ない技師もいるとは思いますが、今回の内容を可能な限り共有し患者さんに寄り添う医療のために貢献したいと思います。

お近くでセミナーが開催される際は是非多くの方々に参加していただきたい内容でした。講師の皆様、関係各位の皆様方ありがとうございました。



第6回放射線防護セミナーを受講して

角田 和也

公立大学法人 福島県立医科大学附属病院 放射線部

2011年3月11日に東日本大震災が起き、各地で様々な被害をもたらしました。特に人々が関心を持ったのが、福島第一原子力発電所の事故だと思えます。この間、国や福島県、放射線関連団体、マスコミなどが、それぞれの立場で様々な活動を行ってきました。その過程で、一般の方々にはなじみのなかった放射線、SvやGyといった単位、原子力発電所の内部などが、少しずつ知られるようになってきました。また、2015年4月19日付の新聞1面に我が国の診断参考レベル(以下、Diagnostic Reference Levels : DRLs)に関する記事が掲載されました。しかしながら、当該記事には誤りがあり、翌4月20日の記事において訂正がなされたことは記憶に新しいと思います。この記事により各病院がCTの線量を見直す契機となり、当院でもプロトコルの見直しを行っている最中です。私自身も今回の記事がきっかけで、放射線防護に関して復習する動因となりました。その1つの方法に利用させていただいたのが今回の第6回放射線防護セミナーでした。

今回のプログラムは基礎から始まり、原発、人体影響、胎児・小児の被曝、患者さんとのコミュニケーションの仕方と、診療放射線技師としての必要条件ばかりでした。しかしながら、講演を聞けば聞くほど大学の頃に授業で学んだことが思い起こされ、1人の学生として拝聴させていただきました。特に今回非常に考えさせられたのが患者さんからの実際の相談例をもとにしたグループディスカッションでした。講演で様々なことを教えていただいたが、その中で私が特に気付かされたことは、「患者さんを説得しない」、「1度で理解していただくとは考えない」、「『利益が害を上回っている』という説明は、慰めにならないことがある」ということです。正直申しますと、過去を振り返るとこれらの内容と真逆の行為を行っていたと気づきました。「どのように説明をしたら検査をしていただけるのか」、「わかりやすく言っているから1回で理解していただけるだろう」、「被曝の心配だから行為の正当性を伝えれば納得していただけるだろう」と考えていました。頓悟した瞬間でした。私がこのセミナーで得たものは、自らの考え方が患者さん目線になると想像以上に差異があったという発見でした。

今日、放射線や被曝などに関する情報は、インターネットを始め、多くの媒体上に満ちあふれ、その質もまさに良いものから悪いものまで混在している状態が続いています。そのため、求める情報を得るためには、膨大な量の情報からの取捨選択を余儀なくされます。しかし、行うのは容易くはありません。そのため、患者さんが間違った情報を持ってくる可能性も大いにあり得ます。このことは、一般の方々だけではなく、我々にとっても同様です。したがって、放射線の専門家である我々が正しい知識を持つことが切要です。とはいえ、情報の取捨選択にのみ力を注ぎ、肝心な患者さんとのコミュニケーションが疎かになってしまうと本末転倒です。患者さんと当意即妙なやりとりが出来る診療放射線技師を目指し、このセミナーで得たことを活かしながら日々精進してまいります。

放射線防護分科会誌インデックス

第1号(1995.10.20 発行)

放射線防護分科会 発足式並びに研究会

あいさつ 放射線防護分科会の発会を祝して／川上壽昭

放射線防護技術の発展に会員のご協力を／砂屋敷忠

記念講演要旨 医療における放射線の利用と防護

ー放射線防護分科会への期待ー／佐々木康人

討論要旨 テーマ「医療放射線防護を考える」

(1) なぜいま医療放射線防護なのか／森川薫

(2) X線撮影技術の分野から／栗井一夫

(3) 核医学検査技術の立場から／福喜多博義

(4) 放射線治療技術の立場から／遠藤裕二

第2号(1996.4.1 発行)

第52回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「ヒトから考える医療放射線防護」／赤羽恵一

特別講演要旨「ICRP1990年勧告 その後・古賀佑彦

パネルディスカッション要旨

テーマ「放射線利用における公衆の防護」

(1) 公衆の放射線防護 序論／菊地 透

(2) 病室におけるX線撮影時の室内散乱線量分布／小倉 泉

(3) 放射線医薬品投与後の周囲への安全性と現状／中重富夫

(4) 放射線施設の遮蔽条件／砂屋敷忠

(5) 診療の立場から／飯田恭人

(6) 現在の施設の防護状況報告／木村純一

文献紹介 放射線防護に関連した著書の紹介／西谷源展

最近の海外文献紹介／菊地 透

第3号(1996.9.26 発行)

第24回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「放射線防護と画像評価」／栗井一夫

パネルディスカッション要旨

テーマ「ボランティアの被曝と防護を考える」

(1) ボランティアの放射線被曝とは／菊地透

(2) 新技術・装置開発での問題点／辻岡勝美

(3) 学生教育の立場から／三浦正

(4) 診療現場での事例／平瀬清

教育講演要旨 宮沢賢治百年と放射能100年「医療放

射線の被曝と防護をめぐって」序文／栗冠正利

資料 厚生省「医療放射線管理の充実に関する検討会」

報告書

第4号(1997.4.5 発行)

第53回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「21世紀に向けた節目の時代」／菊地透

第4回放射線防護分科会 パネルディスカッション要旨

テーマ「診療用X線検査における患者の被曝線量を知る方法」

(1) 被曝線量の実用測定ー個人線量計を利用する場合／福本善巳

(2) 診療現場の問題ー簡易換算法による被曝線量の推定／山口和也

(3) 診療現場の問題ー自作線量計による患者被曝線量の測定／重谷昇

(4) 診療現場の問題ー線量測定の位置と単位について／鈴木昇一

会員の声 放射線防護に対する認識ーある放送から感じたこと／平瀬清

資料 X線診断による臓器・組織線量、実効線量および集団実効線量 RADIO ISOTOPE 誌転載

第5号(1997.10.30 発行)

第25回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「IAEA ガイダンスレベルと線量評価法の混乱」／鈴木昇一

第5回放射線防護分科会パネルディスカッション要旨
テーマ「医療放射線被曝とは何か」

(1) 被曝のとらえ方ー医療被曝を中心に／菊地 透

(2) 内部被曝ー線量評価／赤羽恵一

(3) 外部被曝ー計る／前越久

(4) 被曝の混乱ーアンケートにみる原因と対策／森川薫

(5) 討論 司会／砂屋敷忠

会員の質問

(1) 個人被曝線量計の精度

(2) 施設線量の測定法

資料 放射線防護分科会アンケート集計報告

第6号(1998.4.9 発行)

第54回総会学術大会 放射線防護分科会特集

第6回研究会プログラム

教育講演要旨

「医用放射線と保健福祉」／森光敬子

「ICRPの国内法令取り入れをめぐって」／菊地 透

会員の声 医療放射線の「リスク論議考」／輪嶋隆博

質問欄 カテーテルアブレーションの被曝低減法／委員会

論文紹介

国際放射線防護委員会 ICRP1997年オックスフォード会議／松平寛通（放射線科学から転載）

第7号(1998.10.29 発行)

第26回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
第7回研究会プログラム パネルディスカッション要旨
テーマ「医療被曝（X線検査）のガイダンスレベルは制定できるか」
(1) ガイダンスレベルとは何か／菊地透
(2) 一般撮影での問題点／佐藤斉
(3) 乳房撮影（歯科も含む）の注目点／加藤二久
(4) 病室・在宅医療での考え方／加藤英幸
会員研究発表リスト 1998年 春・秋

第8号(1999.4.5 発行)

第55回総会学術大会 放射線防護分科会特集
放射線防護研究一分科会の活動／砂屋敷忠
第8回研究会プログラム 教育講演資料
(1) 放射線防護 過去・未来／館野之男
(2) 医療法施行規則改正の動き／諸岡健雄
第26回秋季学術大会分科会報告
医療被ばく（X線検査）のガイダンスレベルは制定できるか／菊地透
防護分科会印象記／輪嶋隆博
学術大会防護関連座長印象記
X線検査装置－2／江口陽一
X線質評価／久保直樹
放射線管理測定技術／大釜昇
放射線管理－IVR 従事者被曝／水谷宏
討論室 続 防護エプロン論争／輪嶋隆博

第9号(1999.10.28 発行)

第27回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「これからの放射線防護に求められるもの－21世紀の活動」／栗井一夫
第9回放射線防護分科会
パネルディスカッション要旨
テーマ「放射線管理における西暦2000年問題について」
病院における西暦2000年問題／谷重善
医療用具製造業者等のコンピュータ西暦2000年問題への対応状況について／田村敦志
病院における西暦2000年問題への対応について／水谷宏
西暦2000年問題への対応と現状／泉孝吉
放射線治療装置における西暦2000年問題／大野英
第55回総会学術大会防護関連座長印象記
放射線管理－IVR・乳房撮影／栗井一夫
放射線管理－スペクトル・フィルタ／大釜昇
放射線管理－RI管理／菊地透
X線検査－DR被曝／千田浩一
放射線管理－測定器／新開英秀
放射線管理－CT被曝・測定器／鈴木昇一
ニュース

低線量放射線影響に関する公開シンポジウム／加藤英幸
放射線防護に関する関係省庁への要請書および要望書の提出について／菊地透
質問欄 放射線管理のQ&A／菊地透

第10号(2000.4.6 発行)

第56回総会学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「新たな世紀を迎える前に放射線防護論（防護学）の問題点を考える／加藤英幸
第10回放射線防護分科会
基調講演要旨 「放射線防護関連法令の改正について」／菊地透
シンポジウム要旨
テーマ「放射線安全規正法改正と新しい放射線医療技術の対応」
放射線診療施設・管理区域の対応／鈴木昇一
個人被曝管理の対応／寿藤紀道
新しい放射線医療技術の対応／諸澄邦彦
第27回秋季学術大会防護関連座長印象記
核医学－被曝／中田茂
放射線管理－被ばく低減／有賀英司
放射線管理－IVR・DSA／三宅良和
X線撮影－血管撮影被曝・その他／阿部勝人
討論室 ウラン加工工場臨界事故に学ぶ／菊地透
クラーク論文を読んで／水谷宏
ニュース 平成11年度公開シンポジウム「医療における放射線被曝と対策」印象記／富樫厚彦

第11号(2000.10.20 発行)

第28回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「モラル・ハザードと放射線防護のプロ」／寿藤紀道
第16回計測、第11回放射線防護合同分科会要旨
「診断領域における線量標準測定法の確立」－より安全な放射線防護を目指して－
医療被曝測定の意義／菊地透
X線診断領域における較正場について／加藤二久
標準測定法の確立／小山修司
現場における被曝線量測定／熊谷道朝
第56回総会学術大会防護関連座長印象記
CT検査－被曝低減技術／新木操
マルチスライスCT－被曝低減技術／村松禎久
小児のための放射線検査1／増田和浩
放射線管理－患者被曝1／梅酢芳幸
放射線管理－患者被曝2／加藤英幸
放射線管理－術者被曝／山口和也
核医学－RI管理／工藤亮裕
放射線管理－測定器／小山修司
討論室 原子力時代のパイオニア 武谷三男氏の死去に際して／富樫厚彦
ニュース IRPA-10に参加して／有賀英司

国際放射線防護学会 第 10 回国際会議(IRPA-10)参加
印象記／富樫厚彦

資料 密封小線源の紛失事例分析と防止対策／穴井重
男

書評 「緊急被ばく医療の基礎知識」／西谷源展

第 12 号(2001.4.6 発行)

第 57 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「これからの放射線防護分科会」／栗井一夫

第 12 回放射線防護分科会要旨

テーマ「法令改正で貴方の施設は大丈夫ですか？」－
これからでも間に合う現場対応－

基調講演要旨 医療施設の放射線防護関係法令改正の
要点／菊地透

話題提供要旨 管理区域境界等における測定と評価方
法について／山口和也

放射線診療従事者の被曝管理について／加藤英幸

診療用 X 線装置等の防護基準の測定について／水谷宏

第 28 回秋季学術大会防護関連座長印象記

放射線管理－被曝線量評価・QC／越田吉郎

放射線管理－乳房撮影／小山修司

放射線管理－法令改正・環境測定／鈴木昇一

資料 平成 12 年度公開シンポジウム 一般公衆から
の質問と回答-1

医療法施行規則の一部を改正する省令新旧対比表

書評 「被ばく線量の測定・評価マニュアル 2000」と
「放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル 2000」／
山野豊次

第 13 号(2001.11.10 発行)

第 29 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

教育講演要旨「緊急被曝医療の展望」／青木芳朗

フレッシュャーズセミナー要旨 「低線量の健康影響」

／米井脩治

第 13 回放射線防護分科会要旨

テーマ「どうしてですか、あなたの施設の放射線管理
－法令改正半年を経て－」

(1) 放射線従事者の管理／水谷宏

(2) 治療施設の管理／穴井重男

(3) 核医学施設の管理／山村浩太郎

(4) 医療現場の対応状況／加藤英幸

第 57 回総会学術大会防護関連座長印象記

放射線管理－教育・危機管理／石田有治

放射線管理－装置管理／吉村浩太郎

放射線管理－IVR 被曝／梅津芳幸

放射線管理－一般撮影、乳房／山口和也

放射線管理－測定器／熊谷道朝

放射線管理－測定評価／小山修司

放射線管理－CT 被曝／五十嵐隆元

放射線管理－被曝管理／千田浩一

学術大会印象記 「放射線安全管理の基礎・放射線管
理フォーラム」／福田篤志

資料 IVR に伴う放射線皮膚傷害報告症例から放射線
防護を考える／富樫厚彦

文献紹介 「塩化タリウムの放射線皮膚炎」／防護分
科会

第 14 号(2002.4.4 発行)

第 58 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「医療現場の放射線安全管理は大丈夫か」／穴
井重男

教育講演要旨 「IVR における皮膚傷害発生の現状と
今後の展開」／西谷 弘

第 14 回放射線防護分科会要旨

テーマ「血管撮影領域における放射線皮膚傷害の現状
と対策」

(1) 皮膚傷害事例とその治療にあたって／大和谷淑子

(2) 循環器科医の立場から／角辻 暁

(3) 被曝の現状と対策／水谷 宏

(4) 放射線防護の対応について／菊地 透

第 29 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 15 号(2002.10.17 発行)

第 30 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「100mGy の意味するもの」／新井敏子

教育講演要旨 「女性の放射線被曝について」／大野
和子

第 15 回放射線防護分科会要旨

テーマ「ICRP Publ.84－妊娠と医療放射線－を考える」

(1) ICRP Publ.84 の意図するもの／富樫厚彦

(2) 女性と放射線被曝：医療被曝／安友基勝

(3) 女性と放射線被曝：職業被曝／新井敏子

(4) 女性と放射線被曝：公衆被曝／穴井重男

第 13 回放射線防護分科会(第 29 回周期学術大会)抄録
集

「どうしてですか、あなたの施設の放射線管理－法令
改正半年を経て－」

放射線従事者の管理／水谷宏

治療施設の管理／穴井重男

医療現場の対応状況／加藤英幸

座長集約／鈴木昇一

第 59 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後
抄録

第 16 号(2003.4.11 発行)

第 59 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「放射線防護分科会の役割」／前越久

第 16 回放射線防護分科会要旨

テーマ「医療従事者への放射線防護教育」

(1) 放射線診療従事者への教育訓練／穴井重男

(2) 医療従事者への教育／富樫厚彦

(3) 技師養成期間における防護教育／鈴木昇一

(4) 患者さんへの対応／新井敏子

岩手高校生被曝事故に関する考察／加藤英幸／鈴木昇

一／富樫厚彦／西谷源展

ニュース 医療放射線防護連絡協議会第 16 回フォーラム印象記／磯辺智子

第 30 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 17 号(2003.10.10 発行)

第 31 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「よろしくお願いします」／塚本篤子

教育講演要旨 「医療被曝とその影響」／阿部由直

第 17 回放射線防護分科会要旨

「ディベート：胸部撮影における患者さんの防護衣は必要か」

(1)「必要の立場から」／相模 司

(2)「必要の立場から」／加藤英幸

(3)「不要の立場から」／松下淳一

(4)「不要の立場から」／輪嶋隆博

ニュース IVR に伴う放射線皮膚傷害の防止に関するガイドラインおよび IVR の患者の受ける線量測定マニュアル作成状況報告／放射線防護分科会

フォーラム印象記 第 17 回「医療放射線の完全使用研究会」フォーラム印象記／塚本篤子

第 59 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 18 号(2004.4.9 発行)

第 60 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「医療放射線防護とリスクコミュニケーション」／松下淳一

第 18 回放射線防護分科会要旨

テーマ「IVR における患者皮膚障害防止」

(1)「IVR に伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドラインの趣旨」／菊地透

(2)「IVR における患者皮膚線量の測定マニュアルの概要」／水谷宏

(3)「心臓領域における IVR の現状」／石綿清雄

ニュース 国政免除レベル等の取り入れに伴う放射線同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（障害防止法）改正について－経緯と現況－／加藤英幸
トピックス “医療”解剖学～インターネット情報から今の医療を考える～／三上麻里

印象記 “医療における放射線安全・防護についてのパネル討論会”／塚本篤子

放射線免疫学調査講演会「低線量放射線の健康影響」に参加して／加藤英幸

平成 15 年度市民公開シンポジウム（富山市）／伊藤祐典

平成 15 年度医療放射線安全管理講習会に参加して／小林正尚

文献紹介 X 線診断被ばくによる発がんのリスク：英国及び 14 カ国の推計／藤淵俊王

訃報 斉藤岩男氏を偲ぶ

第 31 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 19 号 (2004.10.21 発行)

第 32 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「今どきの ICRP 報告書」／栗井一夫

第 19 回放射線防護分科会要旨

テーマ「医療における放射線防護関連法令の改正とその運用について」

(1)「加速器使用施設における対応」／松下淳一

(2)「密封線源使用における対応」／石井俊一

(3)「放射線廃棄物への対応」／青木功二

(4)「放射線完全管理規制の課題」／山口一郎

ニュース 分娩前の歯科 X 線撮影と出生時低体重児を読んで／宮田あきこ

資料 CT 検査における線量測定／鈴木昇一

第 60 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 20 号 (2005.4.8 発行)

第 61 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「公衆と放射線」／三田創吾

第 20 回放射線防護分科会要旨

テーマ「X 線診断領域の被曝でがんは増えるのか」

(1)「放射線影響の立場から」／坂井一夫

(2)「放射線管理の立場から」／菊地透

(3)「放射線被曝に対する市民の不安」／中島久美子

資料 ICRP Publication 86「放射線治療患者に対する事故被曝の予防」の要約／松下淳一

第 32 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 21 号 (2005.10.20 発行)

第 33 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「分科会長に就任して」／加藤英幸

第 21 回放射線防護分科会要旨

教育講演要旨「医療における Gy と Sv の考え方」／加藤和明

テーマ「医療現場での線量評価を考える」

(1)「胸部撮影における線量評価の現状」／船橋正夫

(2)「乳房撮影における線量評価の現状」／安友基勝

(3)「CTにおける線量評価の現状」／村松禎久

(4)「線量評価ガイドラインの提示」／菊池 透

トピックス放射線関係法令改正対応記／富樫厚彦

第 61 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 22 号 (2006.4.7 発行)

第 62 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「放射線防護 雑感」／五十嵐隆元

第 22 回放射線防護分科会要旨

教育講演要旨「医療放射線防護と最近の ICRP の動向」／米倉義晴

テーマ「PET 検査における放射線被ばくを考える」

(1)「PET 検査室における被ばく」／五十嵐隆元

(2)「被検者の被ばく線量評価」／赤羽恵一

(3)「法整備の現状と問題点」／渡辺 浩
トピックス「ICRPの新体制と新勧告の動き」／菊地透
平成17年度市民公開シンポジウム印象記／小林剛
第33回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第23号(2006.10.19発行)

第34回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「アララ！小惑星と電離性放射線」／富樫厚彦
第23回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療をとりまく放射線災害の現状と課題」／高田 純
テーマ「もしも放射線災害が起きたら・・・」
(1)「緊急被ばく医療の実際」／神 裕
(2)「緊急被ばく医療の病院における放射線管理の実際」／武田浩光
(3)「医療用放射線源のセキュリティ対策の課題」
／菊地透
合同分科会シンポジウム「マンモグラフィの精度管理について」
学術交流委員会報告プレリリース
第62回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第24号(2007.4.13発行)

第63回総会学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「防護計測の愚痴、自戒」／鈴木昇一
第24回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「放射線安全とヒューマンファクター」／石橋 明
テーマ「放射線安全教育の現状と課題」
(1)「学生教育では」／福士政弘
(2)「医療従事者に対して」／中里 久
(3)「一般公衆に対して」／西田由博
技術活用セミナー1「医療被ばくの説明とリスク仮説—LNT仮説を中心に—」／輪嶋隆博
モーニングセミナー「患者さんの不安に答えた経験から言えること」／大野和子
「医療被曝相談—この事例にあなたはどうか答えませんか—」／五十嵐隆元
第23回防護分科会後抄録
テーマ「もしも放射線災害が起きたら・・・」
(1)「緊急被ばく医療の実際」／神 裕
(2)「緊急被ばく医療の病院における放射線管理の実際」／武田浩光
(3)「医療用放射線源のセキュリティ対策の課題」
／菊地透
トピックス「ICRP-2007新勧告案についての私見」
／富樫厚彦
印象記 第3回お茶の水アカデミアシンポジウム「医療被ばくを考える」に参加して／三反崎宏美
第34回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第25号(2007.10.26発行)

第35回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「手と放射線」／水谷 宏
第25回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療従事者における外部被曝の現状と課題」—個人被曝線量測定サービス機関のデータから／石山 智
テーマ「手指の被曝を考える」
(1)「放射線診療従事者の手指被曝の実態調査(アンケート報告)」／塚本篤子
(2)「Vascular(血管系)IVRでは」／坂本 肇
(3)「Vascular(血管系)IVRでは」／藤淵俊王
(4)「CT撮影では」／小林正尚
合同分科会(画像・放射線撮影・計測・放射線防護・医療情報)シンポジウム
「X線CT撮影における標準化—GuLACTIC 2007—胸部疾患(びまん性疾患および肺がん)のガイドライン作成にあたって—」
(1) GuLACTIC 2007 肺がんのガイドラインについて
／萩原 芳広
(2) CT画像の画質特性と臨床適応／市川勝弘
(3) 造影理論と臨床応用／山口 功
(4) CTの線量特性と被曝線量／小山修司
(5) CT検査の放射線防護の考え方とその評価方法／加藤英幸
(6)データ保存と画像配信／山本勇一郎
第24回防護分科会後抄録 パネルディスカッション
テーマ「放射線安全教育の安全と課題」
「一般公衆に対して」／西田由博
印象記 第24回放射線防護分科会「放射線安全教育の安全と課題」を拝聴して／松崎正弘
第63回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第26号(2008.4.4発行)

第64回総会学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「本年は放射線防護における変革の年となるのか」／広藤 喜章
第26回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療放射線における放射線防護の最新動向—ICRP新勧告とIAEA国際基本安全基準について—」
／米原 英典
テーマ「放射線防護の観点からのデジタル画像」
(1)ICRP Publ.93(デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理)の概要と課題／富樫 厚彦
(2)医療現場におけるデジタル画像の現状—学術調査研究班調査研究の中間報告から—／鈴木 昇一
(3)デジタル撮影における放射線防護／小林 剛
(4)デジタル撮影における画像評価／西原 貞光
モーニングセミナー「医療放射線防護の常識・非常識—私たちが伝えたかったこと—」／大野和子・栗井一夫

技術活用セミナー「循環器診療における放射線被ばくに関するガイドライン」-技術学会の果たした役割-／栗井 一夫
第 35 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
市民公開シンポジウムのお知らせ

第 27 号 (2008.10.23 発行)

第 36 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「科学技術の発達と融合」／藤淵 俊王
第 27 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療被曝の国際動向と課題」／菊地 透
テーマ「患者以外の医療被曝を考える」
(1)患者以外の医療被曝の住み分け／富樫厚彦
(2)ボランティア被曝の現状／小寺吉衛
(3)介護被曝の現状／祖父江由紀子
部会・分科会合同シンポジウム
テーマ：「X線診断領域におけるデジタル化と被曝防護を考える」
(1)X 線診断領域での被曝と防護の考え方／加藤英幸
(2)我が国での診断領域の患者被曝の現状—X線診断時に患者が受ける線量の調査研究より—
1. 調査概要／近藤裕二
2. 一般撮影での傾向／能登公也
3. マンモ、CTでの傾向／小林謙一
(3)個人線量計を用いたX線装置の出力測定調査について／塚本篤子
分科会合同シンポジウム
テーマ「救急検査のクオリティを考える—救急専門技師に求められるもの—」

(1)救急撮影の基礎（一般撮影）／渡辺啓司
(2)救急診療におけるCT撮影の在り方／山本浩司
(3)救急診療におけるMR撮影の在り方／松村善雄
(4)救急診療における放射線防護の在り方／五十嵐隆元
(5)救急診療における医療情報の活用／原瀬正敏
第 26 回防護分科会後抄録
学術調査研究班調査研究の中間報告から／鈴木昇一
デジタル撮影における放射線防護／小林 剛
デジタル撮影における画像評価／西原貞光
第 64 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 28 号 (2009.4.17 発行)

第 65 回総会学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「放射線安全管理と不景気」／鈴木 昇一
第 28 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「胎児、小児期被ばくによる発がん影響」／島田 義也
テーマ「小児の医療被曝を考える」
(1)小児放射線検査の現状／宮崎 治
(2)小児放射線検査の現状調査報告／田邊 智晴
(3)小児医療被曝の捉え方／五十嵐隆元

フレッシュセミナー
「放射線防護のいろは」-患者の線量管理-
／小林 剛
「放射線防護のいろは」-従事者の線量管理-
／藤淵 俊王
技術活用セミナー

「医療用線源のセキュリティ管理」／富樫 厚彦
「ICRP Publ.102 の概要と課題」／鈴木 昇一

第 36 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 29 号 (2009. 10.22 発行)

第 37 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「実効線量に関する問題点」／松原 孝祐
第 29 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「日本人ボクセルファントムの開発と線量評価について」／斎藤 公明
ST 講座要旨
「被ばくによる発がん影響について」／島田 義也
テーマ「我が国の診断参考レベル (DRL) を考える」
(1) DRLとは？／五十嵐隆元
(2) 各モダリティのDRLについて／鈴木 昇一
(3) 放射線診療における線量低減目標値／笹川 泰弘
(4) 国際動向について／大場 久照
第 65 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
市民公開シンポジウムのお知らせ

第 30 号 (2010. 4.8 発行)

第 66 回総会学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「クリアランス制度の法整備と本学会の貢献」／渡辺 浩
第 30 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「放射線防護における最近の国際動向」／細野 眞
ST 講座要旨
「実効線量を理解しよう」／五十嵐 隆元
入門講座要旨
「医療従事者の被ばく管理と低減対策」／藤淵 俊王
技術活用セミナー
「放射線防護の国際的な動向」／米原 英典
テーマ「オールジャパンで考える小児医療」
(1) オールジャパンとしてどう取り組むか？／赤羽 恵一
(2) 小児被曝把握の必要性／宮崎 治
(3) 小児医療被曝の現状と評価／松原 孝祐
(4) 小児CT撮影のプロトコルを考える／大橋 一也
第 37 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 31 号 (2010.10.14 発行)

第 38 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「猛暑日…熱帯夜…太陽からのエネルギー」

／広藤 喜章

第 31 回放射線防護分科会要旨

教育講演要旨

「研究の倫理を考える」／栗原 千絵子

テーマ「放射線研究の倫理を考える」

(1) ICRPにおける倫理の考え方／赤羽 恵一

(2) 各施設での倫理委員会の現状 —調査報告—

／広藤 喜章

(3) 技術学会編集委員会の現状と事例／土井 司

(4) 放射線技術学分野における研究倫理とその実情／

磯辺 智範

WORLD MEDICAL ASSOCIATION [訳] (

専門講座要旨

「放射線施設の管理と設計」／渡辺 浩

入門講座要旨

「よくわかる関係法令」／笹沼 和智

技術活用セミナー

「放射線防護の国際的な動向」／米原 英典

第 66 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後
抄録

防護分科会誌インデックス

第 32 号 (2011.4.8 発行)

第 67 回総会学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「オールジャパンでの放射線防護分科会の役割」／鈴木昇一

入門講座要旨

「医療法施行規則を理解しよう！」／大場久照

技術活用セミナー

「CT 検査で患者が受ける線量」／鈴木昇一

第 32 回放射線防護分科会要旨

教育講演要旨

「医療被ばく管理の国際的な動向」／赤羽 恵一

テーマ「救急患者の撮影における防護と問題」

(1) 救急専門医が必要とする画像／船曳知弘

(2) 救急撮影認定技師とは／坂下恵治

(3) 救急撮影における放射線防護／五十嵐隆元

(4) 救急撮影で患者、術者等の受ける線量／松原孝祐

専門講座要旨

「疫学データから学ぶ放射線誘発がん」／吉永 信治

専門講座要旨

「ICRP について学ぼう」／山口和也

38 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後
抄録

防護分科会誌インデックス

第 33 号 (2011.10.28 発行)

第 39 回秋季学術大会 放射線防護分科会特集

巻頭言「就任の挨拶」／五十嵐 隆元

入門講座要旨「放射線装備機器および放射線発生装置の安全取扱い」／磯辺 智範

専門講座要旨「放射線災害時の防護」／武田 浩光

第 33 回放射線防護分科会要旨

教育講演要旨

「福島原発事故における内部被ばくを考える」／下
道國

テーマ「放射線防護に関連した数値を考える」

(1) 規制値の経緯とその考え方／広藤 喜章

(2) リスクについて／島田 義也

(3) 医療における放射線防護の考え方／松原 孝祐

入門講座要旨「X 線管理学 (X 線の管理・防護・
測定)」／坂本 肇

専門分科会合同シンポジウム要旨

「デジタル画像を再考する —検像について—」

(1) 単純 X 線撮影領域における検像について／川本
清澄

(2) 画像情報の確定に関するガイドラインからみた検
像／坂本 博

(3) 検像における画像品質の確保について／陳 徳
峰

(4) 核医学領域における検像システムの役割／對間
博之

(5) 検像における線量指標の活用／有賀 英司

防護分科会関連行事参加報告

防護分科会誌インデックス

第 34 号 (2012.4.12 発行)

巻頭言「放射線防護対策チームの結成」／磯辺 智範

専門講座要旨「疫学データから学ぶ放射線誘発がん」

／吉永 信治

技術活用セミナー 要旨「被曝説明の核心に迫る」

／松原 孝祐

入門講座要旨「医療法施行規則を理解しよう」

／浅沼 治

第 34 回放射線防護分科会要旨

教育講演

「原発事故と医療放射線 ～放射線のリスクコミュニ
ケーションの課題～」／神田 玲子

テーマ:「福島原発事故後の医療におけるリスクコミ
ュニケーション」

(1) 福島での市民とのやりとりを通じて

／加藤 貴弘

(2) 医療現場におけるリスクコミュニケーション

／竹井 泰孝

(3) マスメディアから見たリスクコミュニケーション
／田村 良彦

専門講座要旨

「ICRP を学ぼう」／山口 和也

第 39 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後
抄録

防護分科会誌インデックス

第 35 号 (2012.10.4 発行)

巻頭言「掛け値のない放射線知識を市民へ」

／丹治 一

専門講座要旨「診療放射線技師の役割と義務」

／塚本 篤子

入門講座要旨「放射線影響論」

／竹井 泰孝

専門分科会合同シンポジウム要旨

テーマ：「CT 検査における線量低減技術」

1. 撮影：CT における被ばく低減技術のソリューション／村松 禎久

2. 画像：線量低減技術と画質への影響

／市川 勝弘

3. 計測：線量低減技術の線量測定の注意点

／庄司 友和

4. 防護：線量低減技術による臓器線量からみたリスク評価／広藤 喜章

5. 核医学：SPECT/CT 装置における被ばく線量 (X 線) の評価／原 成広

6. 医療情報：線量低減技術と医療情報／栃原 秀一

第 35 回放射線防護分科会要旨

教育講演

「CRP2007 年勧告について ー第 2 専門委員会の取り組みー」／石樽 信人

テーマ：「医療における非がん影響を考える」

(1) ICRP1990 年勧告からの変更点と今後 ー医療被ばくに関してー／赤羽 恵一

(2) 原爆被爆者における放射線と非がん疾患死亡との関連／小笹晃太郎

(3) 頭部 IVR による医師と患者の水晶体被ばく

／盛武 敬

(4) 医療従事者の被ばく状況について／大口 裕之
市民公開講座参加報告

第 68 回総合学術大会放射線防護・管理関連演題発表
後抄録

防護分科会誌インデックス

第 36 号 (2013.4.11 発行)

巻頭言「福島復興と高橋信次先生」／島田 義也

入門講座要旨「妊娠と放射線」／島田 義也

専門講座要旨「国際機関の取り組みと国際的動向」

／赤羽 恵一

第 36 回放射線防護分科会要旨

教育講演

「海外における医療放射線管理の動向について」

概要および診断装置の立場から／伊藤 友洋

管理システムの立場から／鈴木 真人

テーマ：「線量管理はできるのか？できないのか？」

(1) 精中委施設画像評価における画質と線量の評価
／西出 裕子

(2) Exposure Index の有効な使用法と当面の問題に
ついて／國友 博史

(3) CT の線量評価：現状と今後の展開／村松 禎久

(4) 血管撮影装置における線量管理／塚本 篤子

第 40 回秋季学術大会放射線防護・管理関連演題発表
後抄録

防護分科会誌インデックス

第 37 号 (2013.10.17 発行)

巻頭言「みんなの力の結集を！！」／塚本 篤子

入門講座「放射線の人体への影響」／水谷 宏

専門講座「診断領域での患者線量評価と最適化」

／鈴木 昇一

第 37 回放射線防護分科会

教育講演

「国内外の医療施設における放射線防護教育事情」

／松原 孝祐

テーマ：「放射線防護における診療放射線技師の役割
とは？」

1. 医療施設における放射線防護教育（医療従事者
に対して）／磯辺 智範

2. 被ばく相談にどう向かい合うべきか（患者に対
して）／竹井 泰孝

3. 養成施設における防護管理者としての技師教育
（学生に対して）／佐藤 斉

4. 福島原発事故に対する診療放射線技師の役割（公
衆に対して）／大葉 隆

専門分科会合同シンポジウム：「デジタル化時代の
被ばく管理を考える」

1. 線量指標の取扱いと注意点／庄司 友和

2. 医療情報分野からの被ばく線量管理／栃原 秀一

3. 一般撮影領域における被ばくと Exposure Index
(EI)／中前 光弘

4. 知っておきたい CT 検査領域における被ばく管
理／野村 恵一

5. 核医学検査領域の被ばくとの関係／原 成広

6. 放射線被ばくリスク評価／広藤 喜章

世界の放射線防護関連論文紹介

1. 小児腹部 CT における診断参考レンジ

／松原 孝祐

2. 小児から青年期 680,000 人による CT 検査のがん
リスク：豪州 1,100 万人の研究データから

／土居 主尚

第 4 回放射線防護セミナー参加報告

／倉本 卓／石橋 徹／井上 真由美

砂屋敷忠先生を偲んで／西谷 源展

防護分科会誌インデックス

第 38 号 (2014.4.10 発行)

巻頭言「柔軟な発想とノーベル賞の素」／藤淵 俊王

専門講座 2 要旨「患者への放射線説明 診療放射線
技師の役割」／石田 有治

第 38 回放射線防護分科会要旨

教育講演「放射線影響の疫学調査」／鎌石 和男

テーマ：「血管系および非血管系 IVR における術者の
水晶体被ばくの現状と管理方法」

1. 従事者の水晶体被曝の現状と管理方法／大口 裕
之

2. non-vascular IVR における現状と管理／森 泰成

3. vascular IVR における現状と管理／小林 寛

合同企画プログラム要旨

テーマ「医療被ばくの低減と正当化・最適化のバランス」

1. 小児 CT における正当化と最適化／宮寄 治
2. CT 検査で患者さんが受ける線量の現状と低減化の状況／鈴木 昇一
3. 低線量放射線の発がんリスクに関するエビデンス／島田 義也
4. 放射線撮影：知っておきたい CT 検査領域における被ばく管理／赤羽 恵一

入門講座要旨「リスクコミュニケーションの考え方 -低線量長期被ばくを見据えて-」／広藤 喜章

専門講座要旨「放射線による人体への影響 -急性障害と晩発障害-」／松原 孝祐

世界の放射線防護関連論文紹介

1. Dose distribution for dental cone beam CT and its implication for defining a dose index／吉田 豊
2. Establishment of scatter factors for use in shielding calculations and risk assessment for computed tomography facilities／藤淵 俊王
3. Ultrasonography survey and thyroid cancer in the Fukushima Prefecture／広藤 喜章

防護分科会誌インデックス

第 39 号 (2014.4.10 発行)

巻頭言「放射線防護分科会が担うこととは」／加藤 英幸

専門分科会合同シンポジウム要旨「撮影技術の過去から未来への継承～画質と線量の標準化を目指して～」

1. 防護：診断参考レベル (DRLs) 策定のための考察／鈴木 昇一
2. 計測：患者線量の測定および評価／能登 公也
3. 画像：X 線画像における感度と画質／岸本 健治
4. 放射線撮影：画質を理解した撮影条件の決定／中前 光弘
5. 放射線撮影：X 線撮影装置と AEC の管理／三宅 博之
6. 医療情報：デジタル画像時代の検像と標準の活用／坂野 隆明
7. 教育：デジタル化時代における洞察力の必要性／磯辺 智範

学術委員会合同パネルディスカッション要旨「病院における非常時の対応～医療機器対策と緊急時対応～」

〔座長提言〕土井 司／佐藤 幸光

1. 撮影：撮影装置の対応と管理 (X 線 CT を含む)／柏樹 力
2. 撮影：MR 装置の対応と管理 (強磁性体、クエンチなど)／引地 健生
3. 核医学：核医学検査装置と非密封放射性物質・放

射化物の管理／山下 幸孝

4. 放射線治療：放射線治療装置の管理と患者の治療の継続／原 潤

5. 医療情報：災害時のネットワーク管理 (自施設対応と地域連携)／坂本 博

6. 放射線防護・計測：安全管理のための計測と再稼働のための確認／源 貴裕

7. 医療安全対策小委員会：法的規制の立場からの注意点／小高 喜久雄

8. JIRA：医療機器メーカーが提唱する緊急時対策～医用システムについて～／鈴木 真人

入門講座 3 要旨「内部被ばく線量評価と防護」

／五十嵐 隆元

専門講座 3 要旨「従事者被ばくの概要と被ばく管理」／加藤 英幸

第 39 回放射線防護分科会【計測分科会 / 放射線防護分科会 / 医療被ばく評価関連情報小委員会 合同分科会】要旨

教育講演「医療放射線防護と診断参考レベル」

／五十嵐隆元

合同シンポジウム テーマ：「診断参考レベル (diagnostic reference level : DRL) を考える」

1. 装置表示線量値の持つ意味とその精度／小山 修司

2. Dose-SR を利用した医療被ばく管理は出来るのか／奥田 保男

3. 医療被ばく管理に対する日本医学放射線学会からの提言／石口 恒男

4. 我が国の画像診断装置、医療情報システムにおける Dose-SR 対応の現状／佐藤 公彦

世界の放射線防護関連論文紹介

1. Estimation of mean glandular dose for contrast enhanced digital mammography: factors for use with the UK, European and IAEA breast dosimetry protocols.／五十嵐隆元

2. Reducing radiation exposure to patients from kV-CBCT imaging.／森 祐太郎

第 5 回放射線防護セミナー参加報告

横町 和志／田丸 隆行／甲谷 理温

防護分科会誌インデックス

第 40 号 (2015.4.16 発行)

巻頭言「日本の医療放射線防護」 赤羽 恵一

専門講座要旨「水晶体の線量限度引き下げの概要と今後の課題」／松原 孝祐

教育講演要旨「福島第一原子力発電所事故後の現状」／遊佐 烈

第 40 回放射線防護部会要旨

テーマ「知っておきたい中性子の知識 -基礎から応用まで-」

1. 中性子の特徴－物理学的観点から－／磯辺 智範
2. 中性子の人体への影響／米内 俊祐

3. 中性子の把握／黒澤 忠弘
4. 中性子の医学利用／佐藤 英介
5. 医療機関における中性子に関する法令／藤淵 俊王

入門講座要旨「診断参考レベル（DRLs）を理解しよう」／五十嵐 隆元

世界の放射線防護関連論文紹介

1. Secondary neutron doses received by pediatric patients during intracranial proton therapy treatments.／松本 真之介

2. Size-specific, scanner-independent organ dose estimates in contiguous axial and helical head CT examinations／松原 孝祐

3. Radiation Dose and Cataract Surgery Incidence in Atomic Bomb Survivors, 1986-200／広藤 喜章

第 42 回秋季学術大会後抄録 放射線防護分科会/計測分科会/医療被ばく評価関連情報小委員会 合同シンポジウム

・テーマ「診断参考レベル（diagnostic reference level : DRL）を考える」

1. 装置表示線量値の持つ意味とその精度／小山 修司

2. Dose-SR を利用した医療被ばく管理は出来るのか／奥田 保男

3. 医療被ばく管理に対する日本医学放射線学会からの提言／石口 恒男

4. 我が国の画像診断装置，医療情報システムにおける Dose-SR 対応の現状／佐藤 公彦

第 6 回放射線防護セミナーのご案内

防護分科会誌インデックス

日本放射線技術学会放射線防護部会内規

1. 目的

この内規は、専門部会設置規定第1条ならびに専門部会規約第4条に基づき、放射線防護部会の事業を円滑に運営するための細部について定める。

2. 適用範囲

この内規は、定款ならびに専門部会設置規定および専門部会規約に定めるもののほか、放射線防護部会ならびに必要により放射線防護部会内に設置された分科会あるいは班の業務遂行にかかわる必要事項について適用する。

3. 放射線防護部会の編成と運営の基本

放射線防護部会はもとより、分科会ならびに班の構成、業務運営にかかわるすべては、放射線防護部会長の所管とし責任とする。

4. 放射線防護部会委員の構成および任期

- (1) 放射線防護部会の委員構成は、部会長、部会委員、分科会長、班長（分科会、班が設置された場合のみ）とする。
- (2) 放射線防護部会の委員構成には、放射線防護部会が対象とする調査・研究分野に関して、十分な専門知識と研究経験を持つものを含めることとする。
- (3) 分科会の委員ならびに班の班員の構成は、分科会、班の実務内容への対応を考慮した構成を原則とし、経済性を含め必要最低限とする。
- (4) 分科会長ならびに班長は、部会長が任命する。
- (5) 分科会の委員ならびに班の班員の選任は、分科会長、班長の推薦を得て部会長が行う。
- (6) 部会委員および分科会委員の任期は2年とし、再任を妨げない。
- (7) 班員の任期は1年で、再任を妨げない。

5. 放射線防護部会の業務

- (1) 放射線防護、放射線安全管理、リスクコミュニケーション等に関する調査・研究の促進。
- (2) 総会および秋季学術大会における放射線防護部会の開催。
- (3) 総会および秋季学術大会における教育講演・シンポジウム・教育のための講座・講習会等の講師の推薦。
- (4) 放射線防護に関連した、研究支援や臨床応用を目的としたセミナーの開催。
- (5) 地方支部主催の講演会、研修会、セミナー等への支援。
- (6) 理事会承認による各委員会からの要請事項の遂行。
- (7) その他、放射線防護部会が担務すべき事項。

6. 放射線防護部会の業務運営

放射線防護部会の委員会は、部会業務に合わせて必要回数とし、部会長はそれを事業計画に盛り込む。

付 則

1. この内規は、運営企画会議の議決により改訂することができる。
2. この内規は、平成27年度事業より適用する。

編集後記

新しく放射線防護部会誌の編集委員に任命されました大葉と申します。広島大学の西丸様と一緒に、雑誌の編集に携わり、放射線防護部会を盛り上げていきたいと考えております。医療被ばくの問題は絶えず取り組むべき問題であり、本誌の入門講座、専門講座から知識の習熟や新たな知識の習得に努めていただければ幸いです。また、今回市民向けの公開講座として「放射線と食の安全 ～日本の食文化を守るために～」と題して、福島第一原発事故後の食の安全について住民の皆様に情報発信をしていきます。平成 27 年 6 月 28 日に盛岡で開催された第 6 回放射線防護セミナーには、20 名参加していただき、皆様熱心に受講しておりました。本誌の作成に際し、至らない点があるかもしれませんが、先輩方のご指導のもとに情報を会員の皆様とご共有できれば幸いです。

放射線防護部会委員 大葉 隆
(福島県立医科大学 医学部放射線健康管理学講座)

新しく放射線防護部会の委員並びに部会誌の編集委員に着任しました西丸です。委員としてまた部会誌では福島県立医科大学の大葉様と一緒に放射線防護部会を盛り上げていきたいと考えております。私は、東日本大震災時の東京電力福島第 1 原発事故に対応するため、事故当初より広島大学の緊急被ばく医療派遣チームの一員として延べ約一か月間参加させて頂きました。その時、放射線防護部会の皆様の住民に対する対応を拝見し、非常に感銘を受けたことを覚えております。その放射線防護部会の一員になったことは、喜ばしいと同時に身の引き締まる思いです。よろしくお願い致します。

さて、第 41 回放射線防護部会では、撮影部会、JIRA との共催で CT 検査をテーマとしたシンポジウムを行います。CT 検査は被験者の被ばく線量が比較的高いモダリティで何かと話題になります。今回は「CT 撮影における標準化と最適化」をテーマに各スペシャリストが最新の情報を話題にディスカッションする予定です。皆様のご参加をお待ちしております。

放射線防護部会委員 西丸 英治
(広島大学病院 診療支援部)

放射線防護部会誌 第 41 号

発行日：2015 年 10 月 8 日

発行人：公益社団法人 日本放射線技術学会 放射線防護部会
部会長 塚本 篤子

発行所：公益社団法人 日本放射線技術学会
〒600-8107 京都市下京区五条通新町東入東屋町 167

ビューフォート五条烏丸 3F

TEL 075-354-8989

FAX 075-352-2556

**日本放射線技術学会
放射線防護部会入会申込書**

部会名	部会	技術学会会員番号	
フリガナ 氏 名			
性別・生年月日	男・女	大 ・ 昭	年 月 日
所属・機関名			
所在地	〒		
(自宅の場合は住所)	〒		
電話番号	() —		
F A X	() —		
専門分野	放射線防護に関する得意とする分野を学会研究区分コード番号で御記入下さい。		
(支部会員番号)		(会費受付)	

公益社団法人 日本放射線技術学会 放射線防護部会委員（50 音順）

部 会 長	つかもと あつこ 塚本 篤子	NTT 東日本関東病院 放射線部 tukamoto@kmc.mhc.east.ntt.co.jp
委 員	いがらし たかゆき 五十嵐 隆元	総合病院国保旭中央病院 診療技術部放射線科 igarashi@hospital.asahi.chiba.jp
	いそべ とものり 磯辺 智範	筑波大学大学院 人間総合科学研究科 tiso@md.tsukuba.ac.jp
	おおば たかし 大葉 隆	福島県立医科大学 医学部放射線健康管理学講座 tohba@fmu.ac.jp
	たけい やすたか 竹井 泰孝	浜松医科大学医学部附属病院 放射線部 ytakei-ham@umin.net
	にしまる えいじ 西丸 英治	広島大学病院 診療支援部 eiji2403@tk9.so-net.ne.jp
	ひろふじ よしあき 広藤 喜章	セントメディカル・アソシエイツ LLC hirofuji@cma-llc.co.jp
	ふじぶち としおう 藤淵 俊王	九州大学大学院 医学研究院保健学部門 fujibuch@hs.med.kyushu-u.ac.jp
	まつばら こうすけ 松原 孝祐	金沢大学 医薬保健研究域保健学系 matsuk@mhs.mp.kanazawa-u.ac.jp

放射線防護部会オリジナルホームページ

<http://www.jsrtrps.umin.jp/>

（日本放射線技術学会 HP の専門部会からでもご覧いただけます）