

日本の診断参考レベル (2025年版)

National diagnostic reference levels in Japan (2025)
- Japan DRLs 2025-

令和7年7月7日

医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME)	日本消化器内視鏡学会
医療放射線防護連絡協議会	日本小児心臓CTアライアンス
日本医学物理学会	日本小児放射線学会
日本医学物理士会	日本診療放射線技師会
日本医学放射線学会	日本整形外科学会
日本インターベンショナルラジオロジー学会	日本乳がん検診精度管理中央機構
日本核医学会	日本脳神経血管内治療学会
日本核医学技術学会	日本放射線影響学会
日本がん検診・診断学会	日本放射線技術学会
日本歯科放射線学会	日本放射線腫瘍学会
日本CT検診学会	日本保健物理学会
日本消化器がん検診学会	

協力

日本画像医療システム工業会

量子科学技術研究開発機構 放射線医学研究所 放射線規制科学研究部

序文

このたび医療被ばく研究情報ネットワーク（Japan Network for Research and Information on Medical Exposure; J-RIME）の取り組みによって団体会員である学協会が力を結集して「診断参考レベル(2025年版)」(Japan DRLs 2025)を公表した。ひとえに多くの関係者各位の無償のご尽力の賜物である。振りかえるとわが国で初めて国の診断参考レベル（Diagnostic Reference Levels; DRLs）と呼ぶことのできる「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：診断参考レベル（DRLs2015）」がJ-RIMEの取りまとめにより公表されたのが平成27（2015）年6月であった。それから5年を経て「日本の診断参考レベル(2020年版)」(Japan DRLs 2020)が公表されたのが令和2年(2020)年7月、さらに5年を経て今回の「診断参考レベル(2025年版)」に至った経緯である。「診断参考レベル（2025年版）」ではDRL値が改定されたのはもちろんであるが、それにとどまらず、その根底にある全体的な考え方が明確化され体系的に整理された。

この10年間、医療被ばく（患者の被ばく）の最適化に向けて国内外で従来からさらに継続して、研究が進み、指針が策定され、制度が整えられ、教育・研修が提供され、よりよい放射線診療が実施されつつある。国内の法令に目を向けると、令和2年（2020年）4月1日に施行された診療用放射線に関する医療法施行規則の改正は時代を画するものであったと言えるであろう。この改正は診療用放射線に係る安全管理が示されたものである。そして以前から示されていた診療用放射線の防護がどちらかという構造設備に重点を置いて医療被ばく（患者の被ばく）には多くを規定していなかったのに対して、医療法施行規則改正によって医療被ばくを管理すべきであることも明示された。その線量管理はDRLsに基づくべきとされたのである。つまり学協会によってDRLsが確立されたあとに法令が整備された。一方、欧州を例にとると、EU（European Union）の欧州指令 Council Directive 97/43/Euratom（1997年6月）により、医療放射線の安全に関する規定が定められた。その中で診断領域においてはDRLsの確立が加盟国に求められ、これを受けて各国がDRLsを導入した。この経緯は法令整備のあとにDRLsの確立があったとも言える。このような経緯から日本のDRLsの設定・運用は欧州に遅れを取ったものの、研究者や学協会の自主的な取り組みによりDRLsが確立され、それが法令整備に繋がったという点ではユニークであったと言える。さらに最近ではアジアやアフリカの放射線医療関係者とも各国のDRLsについて語り合えるようになった。放射線診療におけるDRLsの普遍的な役割が実証されつつあるとも言えるであろう。

今回の「診断参考レベル(2025年版)」のための線量調査にあたってはモダリティ共同のアンケートが実施され、これによって標準化したフォーマットを用いて軌を一に進めることができ精度と効率の向上につながった。前回2回の調査実施の経験が還元されてよい手法の実現に至ったことについて、ご配慮いただいた関係者各位に感謝申し上げます。

今回の線量調査の一部のデータでは前回に比べて線量低減が確認されている。これは放射線診療の場での安全管理が浸透してきたこととともに装置の線量低減の進歩が貢献していると考えられる。安全管理に取り組むことは常に重要であるが、それにプラスして技術革新により低い線量で優れた画質を得ることができるようになるのであれば理想的である。技術革

新が放射線診療にどのような果実をもたらして行くのか引き続き大いに期待して注視していきたい。

「診断参考レベル(2025年版)」の策定には膨大な労力と時間が注がれた。この場をお借りして「診断参考レベル(2025年版)」にご尽力ご努力いただいたすべての方々、医療機関、学協会、組織、行政、ならびに J-RIME 事務局に心から感謝を申し上げますとともに「診断参考レベル(2025年版)」がより質の高い放射線診療の実現に向けて広く活用されることを切に願っている。

令和 7(2025)年 7 月 7 日

医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME)

代表 細野 眞

目次

1. 診断参考レベル(DRLs 2025)を設定した経緯	2
2. 診断参考レベル設定の目的	3
2.1 診断参考レベル (DRL) の意義	3
2.2 診断参考レベルの医療現場での活用	3
3. DRLs 2025 の診断参考レベル	5
3.1 CT の診断参考レベル	5
3.1.1 成人CT の診断参考レベル	5
3.1.2 小児CT の診断参考レベル	6
3.1.3 小児心臓CT の診断参考レベル	8
3.1.4 治療計画CT の診断参考レベル	8
3.2 一般撮影の診断参考レベル	9
3.3 マンモグラフィの診断参考レベル	9
3.4 歯科X線撮影の診断参考レベル	10
3.4.1 口内法X線撮影の診断参考レベル	10
3.4.2 パノラマX線撮影の診断参考レベル	10
3.4.3 歯科用コーンビームCT の診断参考レベル	10
3.5 IVR の診断参考レベル	11
3.5.1 頭部/頸部領域の診断参考レベル	11
3.5.2 成人心臓領域の診断参考レベル	12
3.5.3 小児心臓領域の診断参考レベル (年齢幅による区分)	12
3.5.4 小児心臓領域の診断参考レベル (体重幅区分)	13
3.5.5 胸腹部領域 IVR の診断参考レベル	13
3.5.6 下肢領域 EVT の診断参考レベル	14
3.6 診断透視の診断参考レベル	14
3.6.1 据置形X線透視装置を用いた検査の診断参考レベル	14
3.6.2 移動形X線透視装置を用いた検査の診断参考レベル	15
3.6.3 胃X線検診の診断参考レベル	15
3.7 核医学検査の診断参考レベル	16
3.7.1 放射性医薬品 (一般核医学) の診断参考レベル	16
3.7.2 放射性医薬品 (PET) の診断参考レベル	19
3.7.3 SPECT/CT の Hybrid CT 診断参考レベル	20
3.7.4 PET/CT 診療の Hybrid CT 診断参考レベル	21
3.7.5 PET/CT 検診の Hybrid CT 診断参考レベル	21
4. 謝辞	22
参考資料 日本 の 診断参考レベル (2025 年版) 設定の報告書	24

1. 診断参考レベル(DRLs 2025)を設定した経緯

ICRP (International Commission on Radiological Protection) の諸勧告や IAEA (International Atomic Energy Agency) の国際基本安全基準など国際的な指針において、診断参考レベル (Diagnostic Reference Level; DRL) が診断領域の医療放射線防護において最適化のツールであるとされている。これは、DRL が単に線量値を規定するだけでなく、どの量を DRL に用いる量として定義するか、どのように測定するか、どのように集計するか、どのように運用するか等、さまざまな要素を含んでおり、さらに装置や手法の品質保証にも密接に関連し、最適化に重要な役割を果たすためと考えられる。海外での DRL の状況として、欧州では EU (European Union) の欧州指令 Council Directive 97/43/Euratom (1997 年 6 月) によって医療放射線防護の枠組みが定められたが、その中で診断領域に関して DRL の確立が EU 加盟国に求められ、それを受けて各国で DRL を取り入れている。また米国では ACR (American College of Radiology)、AAPM (American Association of Physicists in Medicine)、NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements) などによって示された DRL が事実上の標準となっていると考えられる。

わが国では当初、さまざまな団体・学会・機関、研究者等が診断線量の調査を行い、標準的と思われる診断線量を提唱してきたが、必ずしも多くの関係者が十分に連携して実施されたものではなく、広く認められた DRL と呼べるものはなかった。このため、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 J-RIME (Japan Network for Research and Information on Medical Exposure) がその活動の一環として、2014 年 8 月に各構成団体から委員の派遣を受けて DRL ワーキンググループを立ち上げ、DRL 設定に取り組むこととなった。ひとつのプラットフォームのうえで構成団体が共同して、診断線量の定義や調査手法を詳細に検討したのち、大規模な全国調査を実施し、結果を集計・分析し、さらに国内外の専門家のコメントを考慮して委員が討論を重ねて作業を進めた。一連の過程で透明性・客観性を保つように配慮がなされた。こうして策定されたわが国初の DRL (DRLs 2015) は、国内の放射線防護における最適化推進の標準ツールとして広く認められることとなった。

放射線診断における DRL の運用について定めた ICRP publication 135 では、少なくとも 3～5 年ごとの DRL 改定を推奨している。これは、DRL 運用による最適化がより広く推進されるため、および技術的進歩や臨床的要求の変化に対応するために必要なことである。これに則って J-RIME の DRL ワーキンググループは初回から 5 年後に DRLs 2020 を制定し、同時期に施行された医療法施行規則の一部改正が診療用放射線に関する安全管理を盛り込んでいたことも相まって、各施設における最適化が大いに推進された。2 回目の改定となる DRLs 2025 では、複数モダリティの線量調査統合による各施設の回答負担軽減と、J-RIME 参加各学協会の周知勧誘強化により、回答率が大幅に向上し、実情をよりよく反映した DRL 値が設定できたものと考えられる。

2. 診断参考レベル設定の目的

2.1 診断参考レベル（DRL）の意義

DRLは、他施設より高い線量を用いている施設がそれを自覚し、最適化のプロセスを推進するためのツールである。ICRPは、DRLを「調査のためのレベルの一種であり、診断とIVRのための患者の医療被ばくにおいて、防護の最適化を助けるツールとして用いられる」と定義している¹⁾。当該モダリティに適したDRL量（電離放射線の量を評価する一般的かつ容易に測定または決定される指標）を決定し、線量調査などで得られたDRL量の分布（75パーセンタイルなど）を参考にして、DRL値が定められる。

このDRLの意義として最も強調すべき点は、線量限度ではないということ、そして診療行為の是非を分ける境界ではないということである¹⁾。線量限度は、超えてはならない線量であるが、DRLは、臨床的な必要性があれば超過してもよい¹⁾。また、DRLは患者群または検査群に対して用いるものであり、個々の患者や検査の線量が高過ぎるか否かを判断するために用いるものではない。患者の体重や体格により、標準的患者よりも高い線量が必要とされる場合があるからである。

DRLは国または地域ごと、またはローカルに設定される。これは、機器および手技のプロトコールが国や地域の施設ごとによって異なる可能性があるためである。このDRLs 2025は国のDRLに相当する。

DRL値は線量調査結果の75パーセンタイルなどを参考に設定され、高い線量を使用している検査や装置や施設を特定する指標となる。また本報告書では、DRL値に加えて、各モダリティレポート本文中に線量調査結果の75パーセンタイルと中央値を適宜掲載している。国の中央値よりも自施設の中央値が高い場合、国の中央値は最適化をさらに進めるための指標となりうる。一方、国の中央値よりも自施設の中央値が低い場合、最適化のプロセスにおいて、画質や診断能が十分であるかを線量よりも優先して検討することができる¹⁾。

2.2 診断参考レベルの医療現場での活用

施設で用いている典型的な線量を調査し、その中央値がDRL値を超えている場合、臨床的に正当な理由がない限り、線量が最適化されているかどうかを判定するための見直しを行う必要がある。一般的には用いている機器の性能やプロトコール(手技)などを調査し、高線量の原因を突き止め、より適正な線量の使用に向けた対策を講じる。この際、画質に影響しない対策を優先して採用すべきである。対策を講じた後、施設の典型的な線量をあらためて調査し、DRL値と再度比較する。ICRP publication 135¹⁾では、CTやIVRについては年1回、その他の検査については装置等の変更がない限り3年に1回、の線量調査を推奨している。また新しい装置に関するプロトコールは、患者の検査に使用される前に評価し、導入1年以内かつ検査方法が確立された時点で再評価する。これらすべての手順を通じて、求めるのは最高の画質ではなく、各々の診断に必要な十分な画質であることに留意すべきである。一方で、画質低下による診断能のわずかな低下が、検査の損益バランスを大きく損ね得ることも意識しておきたい。

DRL の目的は、最適化であって、線量低減ではない。正当化がなされた検査は必要な診断情報が得られなければ、かえって無駄な被ばくとなる。特に撮影条件を変更した際には、線量の変化だけでなく、画質や診断能が担保されていることの確認が肝要である。

最適化の推進のためにも医療現場においては、まず自施設の線量を DRL 値と比較する必要がある。このために最も活用しやすいのは装置表示値であり、DRL 量を表示できる装置の普及が望まれる。装置表示値を利用しにくい検査や、線量計を有していない医療現場では、自施設の線量と DRL 値との比較が難しい。当面の対応策として、NDD 法²⁾や被ばく線量が計算可能な既存のソフトウェアの利用が考えられる。また線量計やファントムに関しては、所有している関連団体や他施設のものが利用できるような仕組み作りも有用であると思われる。

参考文献

- 1) International Commission on Radiological Protection, 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46 (1)
- 2) 森剛彦, 鈴木光昭, 佐藤齊, 他, 1997 医療被曝のガイダンスレベルの設定に関する研究. 鈴鹿医療科学技術大学紀要, 4, 109-129.

以上 文責 J-RIME 診断参考レベルワーキンググループ 主査 赤羽 正章

3. DRLs 2025 の診断参考レベル

本報告書において提案する診断参考レベルは以下の通り

3.1 CT の診断参考レベル

3.1.1 成人CTの診断参考レベル

プロトコール	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
頭部単純ルーチン	67	1260
胸部Ⅰ相	11	430
胸部～骨盤Ⅰ相	13	940
上腹部～骨盤Ⅰ相	14	720
肝臓ダイナミック	13	1630
冠動脈	57	940
プロスペクティブ撮影	49	770
単純（カルシウムスコア撮影）	8	160
急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症	12	2300
外傷全身CT	n/a	5290

注1) すべてのプロトコールにおいて、標準体格は体重 50～70 kg

注2) 肝臓ダイナミックは胸部や骨盤を含まない。CTDI は全相の平均、DLP は検査全体

注3) 冠動脈のCTDI とDLPはCTA本スキャン

注4) 急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症のCTDIは造影第Ⅰ相、DLPは検査全体

注5) 外傷全身CTのDLPは検査全体

3.1.2 小児 CT の診断参考レベル

年齢による層別化

頭部		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy·cm]
	0-<1 歳	27	460
	1-<5 歳	34	610
	5-<10 歳	44	810
	10-<15 歳	55	1000
胸部		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy·cm]
	0-<1 歳	2.0	50
	1-<5 歳	3.0	80
	5-<10 歳	4.0	120
	10-<15 歳	6.0	230
腹部		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy·cm]
	0-<1 歳	2.5	70
	1-<5 歳	3.4	120
	5-<10 歳	4.5	180
	10-<15 歳	7.0	340
頸部 ~ 骨盤		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy·cm]
	0-<1 歳	2.0	80
	1-<5 歳	2.8	145
	5-<10 歳	4.0	220
	10-<15 歳	7.0	510

注 1) 頭部は 16 cm 径ファントム、体幹部は 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した。

注 2) 腹部の撮影範囲は上腹部～骨盤。

体重による層別化

胸部		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	< 5 kg	2.0	35
	5-<15 kg	3.0	60
	15-<30 kg	4.0	120
	30-<50 kg	6.0	225
腹部		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	< 5 kg	2.5	65
	5-<15 kg	4.0	140
	15-<30 kg	4.0	180
	30-<50 kg	7.0	310
頸部 ~ 骨盤		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	< 5 kg	2.0	66
	5-<15 kg	3.0	130
	15-<30 kg	4.0	230
	30-<50 kg	7.0	520

注 1) 頭部は 16 cm 径ファントム、体幹部は 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した。

注 2) 腹部の撮影範囲は上腹部～骨盤。

3.1.3 小児心臓CTの診断参考レベル

年齢による層別化

心臓		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	0-<1 歳	1.5	26
	1-<5 歳	1.9	47
	5-<10 歳	2.1	64
	10-<15 歳	7.9	280

注1) 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した。

体重による層別化

心臓		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	< 3 kg	1.1	18
	3-<5 kg	1.2	20
	5-<10 kg	2.6	49
	10-<20 kg	3.2	54
	20-<40 kg	4.1	120
	40-<60 kg	9.6	200

注1) 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した。

3.1.4 治療計画CTの診断参考レベル

照射技術	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
脳腫瘍定位放射線治療	92	2810
頭頸部腫瘍強度変調放射線治療	33	1300
肺癌定位放射線治療	86	2420
乳癌術後接線照射	23	930
局所前立腺癌強度変調放射線治療	32	1160

注1) すべてのプロトコールにおいて、標準体格は体重 40~80 kg

注2) CTDI_{vol} および DLP は、検査全体に対する和

注3) 脳腫瘍定位放射線治療は 16 cm ファントムサイズにおける値、
それ以外は 32 cm ファントムサイズにおける値

3.2 一般撮影の診断参考レベル

撮影部位・条件	入射表面空気カーマ ^{注1)} $K_{a,e}$ [mGy]
胸部正面 (100kV 未満)	0.3
胸部正面 (100kV 以上)	0.2
検診胸部正面 (100kV 以上)	0.2
腹部正面 (臥位)	1.4
乳児股関節 (0~1 歳)	0.1
乳児胸部 (0~1 歳)	0.1
小児胸部 (5 歳)	0.1
小児股関節 (5 歳)	0.2
小児全脊柱 (5 歳)	0.2
小児全脊柱 (10 歳)	0.3
頭部正面	1.3
頸椎正面	0.5
胸椎正面	1.8
胸椎側面	3.4
腰椎正面	2.5
腰椎側面	5.5
骨盤正面	1.7

注1) 入射表面空気カーマは DRLs2020 の入射表面線量 [mGy] と同義

3.3 マンモグラフィの診断参考レベル

	平均乳腺線量 D_G [mGy]
臨床データに基づく 2D マンモグラフィ	1.4
臨床データに基づく DBT	1.6
PMMA 40 mm	2.2

3.4 歯科 X 線撮影の診断参考レベル

3.4.1 口内法 X 線撮影の診断参考レベル

撮影部位		入射空気カーマ $K_{a,i}$ [mGy] ^{注1)}	
		成人 ^{注2)}	小児 ^{注3)}
上 顎	前歯部	1.1	0.8
	犬歯部	1.2	0.8
	小白歯部	1.3	1.0
	大白歯部	1.9	1.2
下 顎	前歯部	0.9	0.6
	犬歯部	1.0	0.7
	小白歯部	1.1	0.8
	大白歯部	1.3	1.0

注1) 後方散乱を含まないコーン先端での空中空気カーマ

注2) 標準的な体格の成人患者

注3) 10歳小児患者

3.4.2 パノラマ X 線撮影の診断参考レベル

面積空気カーマ積 P_{KA} ^{注1)} [mGy·cm ²]	線量幅積 DWP ^{注2)} [mGy·mm]
130	91

注1) DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値[mGy·cm²]と同義

注2) 受像器面上での値

3.4.3 歯科用コーンビーム CT の診断参考レベル

FOV 面積 ^{注1)}	面積空気カーマ積 P_{KA} ^{注2)} [mGy·cm ²]	回転中心におけるビーム軸 空気カーマ K_{iso} [mGy]
<40 cm ²	720	17
40~100 cm ²	1500	17
>100 cm ²	2200	17

注1) FOV 面積=FOV の直径×高さ

注2) DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値[mGy·cm²]と同義

3.5 IVR の診断参考レベル

3.5.1 頭部/頸部領域の診断参考レベル

診断血管撮影（術前）	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
嚢状動脈瘤	470	82
脳動静脈奇形	680	120
脳硬膜動静脈瘻	840	170
頸部頸動脈狭窄/閉塞	390	81
急性脳動脈狭窄/閉塞	490	96
頭蓋内腫瘍	530	110
診断血管撮影（術後）	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
嚢状動脈瘤	410	56
脳動静脈奇形	450	82
脳硬膜動静脈瘻	610	120
頸部頸動脈狭窄/閉塞	330	64
急性脳動脈狭窄/閉塞	450	73
頭蓋内腫瘍	560	100
血管内治療（IVR）	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
嚢状動脈瘤	2400	190
脳動静脈奇形	3700	330
脳硬膜動静脈瘻	4300	450
頸部頸動脈狭窄・閉塞	700	130
急性脳動脈狭窄・閉塞	1000	160
頭蓋内腫瘍	1900	230

3.5.2 成人心臓領域の診断参考レベル

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
診断カテーテル検査	520	47
非 CTO PCI	1300	100
CTO PCI	2500	200
非 PVI RFCA	200	27
PVI RFCA	260	38
TAVI (経大腿アプローチ)	530	78

PCI : Percutaneous Coronary Intervention

CTO : Chronic Total Occlusion

RFCA : Radiofrequency Catheter Ablation

PVI : Pulmonary Vein Isolation

TAVI : Transcatheter Aortic Valve Implantation

3.5.3 小児心臓領域の診断参考レベル (年齢幅による区分)

診断カテーテル検査	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
<1 year	64	4
1 ~<5 years	83	6
5 ~<10 years	93	11
10 ~<15 years	220	29
IVR	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
<1 year	100	7
1 ~<5 years	130	11
5 ~<10 years	160	16
10 ~<15 years	190	24

3.5.4 小児心臓領域の診断参考レベル（体重幅区分）

診断カテータル検査	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
<5 kg	47	3
5 ~< 15 kg	69	6
15 ~< 30 kg	100	12
> 30 kg	230	33
IVR	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
<5 kg	67	4
5 ~< 15 kg	120	9
15 ~< 30 kg	140	16
> 30 kg	190	27

3.5.5 胸腹部領域 IVR の診断参考レベル

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
TACE	1200	220
TEVAR	630	170
EVAR	910	200
UAE 子宮筋腫	710	150
PAVM simple type	870	150
BRT0 左腎静脈経由	1100	230

TACE : Transcatheter Arterial Chemoembolization

TEVAR : Thoracic Endovascular Aortic Repair

EVAR : Endovascular Aortic Repair

UAE : Uterine Artery Embolization

PAVM : Pulmonary Arteriovenous Malformations

BRT0 : Balloon occluded Retrograde Transvenous Obliteration

3.5.6 下肢領域 EVT の診断参考レベル

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
非 CTO 腸骨動脈	360	69
CTO 腸骨動脈	740	120
非 CTO 浅大腿動脈	160	36
CTO 浅大腿動脈	310	54

EVT : Endovascular Therapy

CTO : Chronic Total Occlusion

3.6 診断透視の診断参考レベル

3.6.1 据置形 X 線透視装置を用いた検査の診断参考レベル

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
嚥下造影	16	6.5	5.0	4.0
食道・胃・十二指腸造影	77	21	6.5	23
イレウス管挿入	80	47	20	6.0
大腸（注腸）造影	93	41	12	26
逆行性膵管胆管造影：ERCP	110	28	15	13
気管支鏡検査	27	7.4	8.7	2.0
中心静脈栄養用カテーテル挿入術 （CV カテ・ポート挿入）	7.6	3.2	2.7	2.0
腰椎神経根ブロック	22	5.5	3.0	2.0
腰椎脊髓腔造影（ミエロ）	47	18	3.9	10

注 1) 据置形 X 線透視装置はオーバーテーブル X 線管形のみ対象

注 2) $K_{a,r}$: Incident air kerma at the patient entrance reference point は ICRP Publication 135 で提唱され JIS Z 4751-2-54 で定められている患者照射基準点での空気カーマ（後方散乱を含まず） DRLs2020 の基準空気カーマと同義

注 3) P_{KA} : KAP : Air kerma area product は ICRP Publication 135 で提唱された、面積空気カーマ積 DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値[Gy·cm²]と同義

3.6.2 移動形 X 線透視装置を用いた検査の診断参考レベル

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
脊椎固定術（頸椎）	10	3.7	4.6	2.0
脊椎固定術（頸胸移行部以下）	110	23	10	2.0
側弯症矯正	(100)	(11)	10	1.0
骨折観血的手術（大腿）	57	9.6	10	2.0

注 1) 側弯症矯正の ($K_{a,r}$)、(P_{KA}) はデータ数が少ないため参考値

3.6.3 胃 X 線検診の診断参考レベル

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
対策型撮影法（基準検査）	39	—	2.5	9.0
任意型撮影法（基準検査）	55	—	4.2	17

据置形 X 線透視装置と移動形 X 線透視装置の透視線量率および撮影線量の参考値

	透視線量率 [mGy/min]	撮影線量 [mGy/l 曝射]
据置形 X 線透視装置	10	1.6
移動形 X 線透視装置	13	1.3

3.7 核医学検査の診断参考レベル

3.7.1 放射性医薬品（一般核医学）の診断参考レベル

検査及び放射性薬剤	投与量 [MBq]
骨： ^{99m}Tc -MDP	930
骨： ^{99m}Tc -HMDP	930
骨髓： $^{111}\text{InCl}$	80
脳血流： ^{99m}Tc -HMPAO（安静あるいは負荷1回のみ）	800
脳血流： ^{99m}Tc -HMPAO（安静+負荷）	1200
脳血流： ^{99m}Tc -ECD（安静あるいは負荷1回のみ）	800
脳血流： ^{99m}Tc -ECD（安静+負荷）	1100
脳血流： ^{123}I -IMP（安静あるいは負荷1回のみ）	200
脳血流： ^{123}I -IMP（安静+負荷）	270
脳受容体： ^{123}I -iomazenil	200
線条体： ^{123}I -ioflupane	190
脳槽・脊髓腔： ^{111}In -DTPA	40
甲状腺摂取率： Na^{123}I	10
甲状腺： $^{99m}\text{TcO}_4^-$	240
副甲状腺： ^{201}Tl -chloride	120
副甲状腺： $^{99m}\text{TcO}_4^-$	300
副甲状腺： ^{99m}Tc -MIBI	800
肺換気： ^{81m}Kr -gas	190
肺換気： ^{99m}Tc -gas	750
肺血流： ^{99m}Tc -MAA	260
RI ベノグラフィ： ^{99m}Tc -MAA	500
肝・脾： ^{99m}Tc -phytate	190
肝機能： ^{99m}Tc -GSA	260
肝胆道： ^{99m}Tc -PMT	260
肝・脾： ^{99m}Tc -Sn colloid	180
心筋血流： ^{201}Tl -chloride（安静のみ）	120
心筋血流： ^{201}Tl -chloride（負荷1回のみ）	120

検査及び放射性薬剤	投与量 [MBq]
心筋血流： ²⁰¹ Tl-chloride（安静+負荷）	120
心筋血流： ^{99m} Tc-tetrofosmin（安静あるいは負荷1回のみ）	840
心筋血流： ^{99m} Tc-tetrofosmin（安静+負荷）	1200
心筋血流： ^{99m} Tc-MIBI（安静あるいは負荷1回のみ）	840
心筋血流： ^{99m} Tc-MIBI（安静+負荷）	1200
心筋脂肪酸代謝： ¹²³ I-BMIPP	130
心交感神経機能： ¹²³ I-MIBG	130
心プール： ^{99m} Tc-HSA-D	970
心筋梗塞： ^{99m} Tc-PYP	840
心アミロイドーシス： ^{99m} Tc-PYP	840
心アミロイドーシス： ^{99m} Tc-HMDP	870
唾液腺： ^{99m} TcO ₄ ⁻	370
メッケル憩室： ^{99m} TcO ₄ ⁻	440
消化管出血： ^{99m} Tc-HSA-D	1000
蛋白漏出： ^{99m} Tc-HSA-D	1000
腎静態： ^{99m} Tc-DMSA	210
腎動態： ^{99m} Tc-MAG3	380
腎動態： ^{99m} Tc-DTPA	380
副腎皮質： ¹³¹ I-adosterol	40
副腎髄質： ¹²³ I-MIBG	130
精巣： ^{99m} Tc-HSA-D	850
腫瘍： ²⁰¹ Tl-chloride	120
腫瘍・炎症： ⁶⁷ Ga-citrate	120
ソマトスタチン受容体： ¹¹¹ In-pentetreotide	220
リンパ管： ^{99m} Tc-HSA-D	830
センチネルリンパ節（乳癌）： ^{99m} Tc-Sn colloid	120
センチネルリンパ節（乳癌）： ^{99m} Tc-phytate	120
センチネルリンパ節（メラノーマ）： ^{99m} Tc-Sn colloid	120
センチネルリンパ節（メラノーマ）： ^{99m} Tc-phytate	120
センチネルリンパ節（子宮体癌）： ^{99m} Tc-phytate	120

検査及び放射性薬剤	投与量 [MBq]
センチネルリンパ節（子宮頸癌）： ^{99m}Tc -phytate	120
センチネルリンパ節（外陰癌）： ^{99m}Tc -phytate	120
センチネルリンパ節（頭頸部癌）： ^{99m}Tc -phytate	120
RI アンギオグラフィ： ^{99m}Tc -HSA-D	1000

3.7.2 放射性医薬品（PET）の診断参考レベル

製剤	投与量 [MBq]
脳機能：C ¹⁵ O ₂ -gas（2D 収集）	8000
脳機能： ¹⁵ O ₂ -gas（2D 収集）	6000
脳機能：C ¹⁵ O-gas（2D 収集）	3000
脳機能：C ¹⁵ O ₂ -gas（3D 収集）	1800
脳機能： ¹⁵ O ₂ -gas（3D 収集）	4500
脳機能：C ¹⁵ O-gas（3D 収集）	3600
アミロイド： ¹⁸ F-flutemetamol（院内製剤）	260
アミロイド： ¹⁸ F-flutemetamol（デリバリー）	260
アミロイド： ¹⁸ F-florbetapir（院内製剤）	370
アミロイド： ¹⁸ F-florbetapir（デリバリー）	370
アミロイド： ¹⁸ F-florbetaben（院内製剤）	300
脳ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（院内製剤）	230
脳ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（デリバリー）	230
脳ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（体重あたり）	4
悪性神経膠腫： ¹⁸ F-Fluciclovine（デリバリー）	270
悪性神経膠腫： ¹⁸ F-Fluciclovine（体重あたり）	5
心筋ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（院内製剤）	240
心筋ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（デリバリー）	240
心筋ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（体重あたり）	4
心筋血流： ¹³ N-アンモニア（院内製剤）	520
腫瘍ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（院内製剤）	240
腫瘍ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（デリバリー）	240
腫瘍ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG（体重あたり）	4
炎症： ¹⁸ F-FDG（院内製剤）	240
炎症： ¹⁸ F-FDG（デリバリー）	240
炎症： ¹⁸ F-FDG（体重あたり）	4

注 1) アミロイド(¹⁸F-flutemetamol、¹⁸F-florbetapir、¹⁸F-florbetaben)については添付文書を参考に設定した。

3.7.3 SPECT/CT の Hybrid CT 診断参考レベル

部位	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
全身	4.0	310
頭頸部	5.4	170
胸部	4.2	130
上腹部	4.8	130
骨盤	3.1	110
腹部，骨盤（上腹部から骨盤）	3.9	140
頸部から骨盤	4.1	260
四肢	3.1	160
脳（減弱補正のみ）	12	210
脳（減弱補正＋融合画像）	25	370
心臓（減弱補正のみ）	2.9	70
心臓（減弱補正＋融合画像）	4.1	90

3.7.4 PET/CT 診療の Hybrid CT 診断参考レベル

部位	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
全身：頭部から大腿基部	5.4	540
全身：頭部から下肢	5.3	720
頭頸部	4.2	130
胸部	4.5	150
上腹部	4.4	140
骨盤	3.2	120
上腹部から骨盤	5.0	220
胸部から骨盤	4.4	300
四肢	2.7	130
脳（減弱補正のみ）	10	270
脳（減弱補正＋融合画像）	26	570
心臓（減弱補正のみ）	2.5	50
心臓（減弱補正＋融合画像）	4.7	140

3.7.5 PET/CT 検診の Hybrid CT 診断参考レベル

部位	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
全身：頭部から大腿基部	5.4	540
脳（減弱補正のみ）	10	270
脳（減弱補正＋融合画像）	26	570
心臓（減弱補正のみ）	2.5	50
心臓（減弱補正＋融合画像）	4.7	140

4. 謝辞

診断参考レベルの設定に係る調査や本報告書作成に協力、助言いただいた関係各位感謝の意を表する。

赤羽 正章 氏	浅海 利恵子 氏	浅田 恭生 氏	阿部 光一郎 氏
荒井 一正 氏	新井 知大 氏	粟井 和夫 氏	飯森 隆志 氏
五十嵐 隆元 氏	井澤 真希 氏	石黒 雅伸 氏	石橋 徹 氏
伊藤 春海 氏	稲木 杏吏 氏	上間 千秋 氏	恵谷 玲央 氏
遠藤 敦 氏	大高 祐聖 氏	大西 裕満 氏	大野 和子 氏
大野 剛 氏	岡本 裕之 氏	沖崎 貴琢 氏	尾田 済太郎 氏
小田 昌史 氏	小野 孝二 氏	加藤 英幸 氏	加藤 守 氏
河合 泰輔 氏	川内 覚 氏	川浦 稚代 氏	川波 哲 氏
木藤 哲史 氏	鬼頭 慎司 氏	久保田 一徳 氏	黒岡 将彦 氏
小嶋 郁穂 氏	兒玉 匠 氏	後藤 賢一 氏	後藤 眞理子 氏
古場 裕介 氏	小林 育夫 氏	齋 政博 氏	坂本 昌隆 氏
坂本 彩香 氏	坂本 肇 氏	櫻井 孝 氏	佐々木 健 氏
佐藤 清和 氏	佐藤 健児 氏	佐藤 寛之 氏	篠田 和哉 氏
芝 規良 氏	柴田 英介 氏	清水 秀年 氏	庄司 友和 氏
白神 伸之 氏	杉原 義人 氏	鈴木 賢昭 氏	須田 雄飛 氏
鷲見 和幸 氏	高木 英誠 氏	滝澤 健司 氏	竹井 泰孝 氏
竹下 洋平 氏	多湖 正夫 氏	棚邊 哲史 氏	田波 穰 氏
田上 秀一 氏	張 維珊 氏	對間 博之 氏	鶴丸 大介 氏
遠山 尚紀 氏	富田 博信 氏	長畑 智政 氏	永澤 直樹 氏
西井 達矢 氏	西川 慶一 氏	西出 裕子 氏	新田見 耕太 氏
根岸 徹 氏	野津 雅和 氏	長谷川 隆幸 氏	馬場 眞吾 氏
原田 康雄 氏	平川 雅和 氏	広藤 喜章 氏	福永 正明 氏
藤田 幸男 氏	藤淵 俊王 氏	藤本 隆広 氏	細野 眞 氏
舛田 隆則 氏	松井 裕輔 氏	松原 孝祐 氏	松本 邦史 氏
松本 真之介 氏	三島 章 氏	見本 真一 氏	宮寄 治 氏
宮崎 仁志 氏	宮司 典明 氏	宮下 久之 氏	宮島 隆一 氏
村上 典子 氏	盛武 敬 氏	矢田 伸広 氏	山下 一太 氏
山田 智子 氏	横山 須美 氏	川浪 亮太 氏	渡邊 浩 氏
渡邊 公憲 氏			

特定非営利活動法人 日本X線CT専門技師認定機構

J-RIME 診断参考レベルワーキンググループ

主査：赤羽 正章

メンバー：

医療放射線防護連絡協議会	主メンバー	長畑 智政
日本医学物理学会	主メンバー	古場 裕介
日本医学物理士会	主メンバー	遠山 尚紀
	副メンバー	木藤 哲史
	副メンバー	須田 雄飛
日本医学放射線学会	主メンバー	宮寄 治
日本インターベンショナルラジオロジー学会	主メンバー	赤羽 正章
日本核医学会	主メンバー	馬場 眞吾
日本核医学技術学会	主メンバー	石黒 雅伸
日本画像医療システム工業会	主メンバー	長束 澄也
日本歯科放射線学会	主メンバー	西川 慶一
	副メンバー	三島 章
	副メンバー	大高 祐聖
日本消化器内視鏡学会	主メンバー	竹中 完
日本小児心臓 CT アライアンス	主メンバー	庄司 友和
	副メンバー	西井 達矢
日本小児放射線学会	主メンバー	田波 穰
日本診療放射線技師会	主メンバー	鈴木 賢昭
日本整形外科学会	主メンバー	山下一太
日本乳がん検診精度管理中央機構	主メンバー	斎 政博
	副メンバー	西出 裕子
日本脳神経血管内治療学会	主メンバー	盛武 敬
日本放射線影響学会	主メンバー	細谷 紀子
日本放射線技術学会	主メンバー	五十嵐 隆元
	副メンバー	坂本 肇
	副メンバー	根岸 徹
	副メンバー	松原 孝祐
日本放射線腫瘍学会	主メンバー	木藤 哲史
	副メンバー	遠山 尚紀
日本保健物理学会	主メンバー	小野 孝二
	副メンバー	藤淵 俊王

J-RIME 事務局：

赤羽 恵一、奥田 保男、神田 玲子、古場 裕介、張 維珊、仲田 佳広、盛武 敬

参考資料
日本の診断参考レベル（2025年版）
設定の報告書

モダリティ 成人 CT

報告者 ○尾田 済太郎、赤羽 正章、新井 知大、栗井 和夫、小野 孝二、
古場 裕介、富田 博信、長谷川 隆幸、松原 孝祐、松本 真之介

報告日 2025年2月26日

1. DRL の数値

プロトコール	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
頭部単純ルーチン	67	1260
胸部Ⅰ相	11	430
胸部～骨盤Ⅰ相	13	940
上腹部～骨盤Ⅰ相	14	720
肝臓ダイナミック	13	1630
冠動脈	57	940
プロスペクティブ撮影	49	770
単純（カルシウムスコア撮影）	8	160
急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症	12	2300
外傷全身 CT	n/a	5290

注1) すべてのプロトコールにおいて、標準体格は体重 50～70 kg

注2) 肝臓ダイナミックは上腹部に限定（胸部・骨盤を含まない）したデータを優先。

CTDI は全相の平均、DLP は検査全体（DLP は胸部・骨盤を含まないデータ）

注3) 冠動脈の CTDI と DLP は CTA 本スキャン

注4) 急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症の CTDI は造影第Ⅰ相、DLP は検査全体

注5) 外傷全身 CT の DLP は検査全体

2. 上記数値の根拠

J-RIME にて立案した 2024 年の線量調査に基づき DRL 値を設定した。また、宮安らによる 2022 年の外傷全身 CT 線量調査⁽¹⁾も参考にした。

2.1. 調査（時期、対象、方法）

複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査「診断参考レベル改定へ向けた線量調査」を 2024 年 9 月 1 日付けで全国 6,973 施設宛に郵送し、2024 年 10 月 1 日から 10 月 30 日の回答期間中に 953 件の有効回答を得た。その内訳はベッド数 20 床以下 102 施設、21～200 床 305 施設、201～600 床 426 施設、601 床以上 120 施設、であった。今回の調査の回答施設数は、前回の調査（218 施設）より大幅に増加した。収集の対象は、各検査プロトコールについて、2023 年の任意の期間に標準体格の 20～80 歳の患者に対して施行された連続 30 例を施設内で集計した中央値とした。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

DRL 量として、CT 装置の出力する $CTDI_{vol}$ [mGy]、DLP [mGy・cm] の推測値を採用した。標準体格はすべてのプロトコールについて体重 50～70 kg とした。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

原則として、2024 年の調査結果の 75 パーセンタイル値を有効数字 2 桁で丸めた値を DRL として設定する方針とした。データクレンジングに際しては、不適切な最適化では説明のつかない理不尽なデータを記載ミス、非該当プロトコールの恐れがあるものとみなして除外した。

以下に DRLs 2025 プロジェクトの調査結果における 25 パーセンタイル値 (25th)、中央値 (Median) および 75 パーセンタイル値 (75th) を示す。

表：DRLs 2025 調査の線量分布指標

プロトコール	$CTDI_{vol}$ [mGy]			DLP [mGy・cm]		
	25th	Median	75th	25th	Median	75th
頭部単純ルーチン	50	59	67	930	1100	1260
胸部 I 相	7	9	11	270	350	430
胸部～骨盤 I 相	9	11	13	650	780	940
上腹部～骨盤 I 相	9	11	14	490	590	720
肝臓ダイナミック	9	11	13	910	1280	1630
冠動脈	29	43	57	470	720	940
プロスペクティブ撮影	18	29	49	270	490	770
単純（カルシウムスコア撮影）	3	5	8	50	80	160
急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症	7	9	12	1240	1770	2300
外傷全身 CT	n/a	n/a	n/a	2970	4180	5290

以下に DRLs 2015、DRLs 2020、DRLs 2025 の経年的な比較、および DRLs 2015、DRLs 2020 に対する DRLs 2025 の増減率を示す。

表：DRLs 2015、2020、2025 の比較

プロトコール	CTDI _{vol} [mGy]			DLP [mGy・cm]		
	DRLs 2015	DRLs 2020	DRLs 2025	DRLs 2015	DRLs 2020	DRLs 2025
頭部単純ルーチン	85	77	67	1350	1350	1260
胸部Ⅰ相	15	13	11	550	510	430
胸部～骨盤Ⅰ相	18	16	13	1300	1200	940
上腹部～骨盤Ⅰ相	20	18	14	1000	880	720
肝臓ダイナミック	15	17	13	1800	2100	1630
冠動脈	90	66	57	1400	1300	940
プロスペクティブ撮影	n/a	n/a	49	n/a	n/a	770
単純 (カルシウムスコア撮影)	n/a	n/a	8	n/a	n/a	160
急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症	n/a	14	12	n/a	2600	2300
外傷全身CT	n/a	n/a	n/a	n/a	5800	5290

表：DRLs 2015 および 2020 に対する DRLs 2025 の CTDI_{vol} と DLP の増減率

プロトコール	DRLs 2025, CTDI _{vol} の増減率		DRLs 2025, DLP の増減率	
	対 DRLs 2015	対 DRLs 2020	対 DRLs 2015	対 DRLs 2020
頭部単純ルーチン	-21%	-13%	-7%	-7%
胸部Ⅰ相	-27%	-15%	-22%	-16%
胸部～骨盤Ⅰ相	-28%	-19%	-28%	-22%
上腹部～骨盤Ⅰ相	-30%	-22%	-28%	-18%
肝臓ダイナミック	-13%	-24%	-9%	-22%
冠動脈	-37%	-14%	-33%	-28%
プロスペクティブ撮影	n/a	n/a	n/a	n/a
単純 (カルシウムスコア撮影)	n/a	n/a	n/a	n/a
急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症	n/a	-14%	n/a	-12%
外傷全身CT	n/a	n/a	n/a	-9%

DRLs 2020 と比べ、DRLs 2025 ではすべてのプロトコールで DRL 値の低下が確認され、多くのプロトコールにおいて経年的な DRL 値の低減も認められた。これは、医療被ばくの最適化

に向けた取り組みが着実に成果を上げていることを示唆する。DRL 値の低下がみられた理由として以下の複合的な要素が考えられた：①検出器の X 線利用効率が向上したこと、②管電流自動変調機構の使用が広く普及したこと、③逐次近似応用画像再構成法が標準技術として広く普及したこと、④DRL の意義や重要性に関する認識と認知度が向上したこと、⑤2020 年 4 月に施行された医療被ばくの適正管理に関する医療法改定により、医療被ばくの適正管理が進んだこと、⑥診療報酬に係る画像管理加算（現行の画像診断管理加算 4）において、適切な被ばく線量管理が施設基準として採用されたこと。

3. DRL 運用に関する注意など

肝ダイナミックのデータ収集においては、撮影範囲を上腹部に限定（胸部・骨盤を含まない）したデータを優先的に収集し、上腹部に限定していない施設では「腹部～骨盤」の肝ダイナミックのデータを収集した。そのため、肝ダイナミックの DLP に関する DRL は、胸部・骨盤を含まない検査全体のデータに基づいて設定した。胸部・骨盤を含む撮影を行っている施設では、DLP 値がより高くなることが推察される。本調査において、撮像範囲を上腹部に限定していない施設での腹部～骨盤を含む肝ダイナミックの DLP に関する 75 パーセンタイル値は 1900 mGy・cm であり、上腹部に限定した DRL (1630 mGy・cm) より高い値であった。

急性肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症に関する調査では、全施設の 19% (179 施設/953 施設) で造影後に 3 相以上の撮像が実施されていた。急性肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症のプロトコールは、施設ごとに撮像回数や撮像範囲が異なる傾向があり、その結果、DLP 値にもばらつきや偏りが生じることに留意する必要がある。撮像回数の多い施設では、その必要性について再検討する価値があると考えられる。

前回の調査では、外傷全身 CT を 4 種類の異なるプロトコールについて、それぞれのデータを収集した。一方、今回の調査では、すべての外傷全身 CT プロトコールを統合し、一括してデータを収集した。外傷全身 CT に関しては、施設ごとに撮影方法が異なる傾向があると考えられ、また、検査目的に応じて複数のプロトコールを運用している施設も存在すると推察される。そのため、今回の外傷全身 CT における DRL 値は参考値の範囲に留まり、標準化された指標としての適用には慎重な検討が必要である。宮安らによる 2022 年の外傷全身 CT 線量調査⁽¹⁾ では、外傷全身 CT における撮影方法別の DLP の 75 パーセンタイル値は、3832～6224 mGy・cm を示しており、撮影方法および施設間でのばらつきが大きいことが指摘されている。外傷全身 CT の撮影方法については議論の余地があるといえる。

4. その他

以下に本調査における日本の DRL と韓国⁽²⁾、英国⁽³⁾、米国⁽⁴⁾の DRL との比較を示す。

表：韓国（Korea DRLs 2022）、英国（UK DRLs 2022）、米国（US DRLs2023）との比較（有効数字調整後）

プロトコール	CTDI _{vol} [mGy]				DLP [mGy・cm]			
	Japan DRLs 2025	Korea DRLs 2022	UK DRLs 2022	US 2023	Japan DRLs 2025	Korea DRLs 2022	UK DRLs 2024	US 2023
頭部単純ルーチン	67	52	47	56	1260	970	790	960
胸部Ⅰ相	11	8	9	12	430	320	290	440
胸部～骨盤Ⅰ相	13	n/a	n/a	15	940	n/a	660	950
上腹部～骨盤Ⅰ相	14	9	10	16	720	470	530	780
肝臓ダイナミック	13	9 *1	n/a	n/a	1630	1520 *1	n/a	n/a
冠動脈	57	19	n/a	n/a	940	330	n/a	n/a
プロスペクティブ撮影	49	n/a	n/a	n/a	770	n/a	170/ 280*2	n/a
単純 (カルシウムスコア撮影)	8	6	n/a	n/a	160	100	n/a	n/a
急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症	12	n/a	9	14	2300	n/a	310*3	450 *3
外傷全身CT	n/a	n/a	n/a	n/a	5290	n/a	n/a	n/a

*1 腹部造影4相ダイナミックCTとしてのDRL値

*2 パディング無/パディング有（2018年に採用のDRL値）

*3 肺動脈CTA単独のDRL

日本のDRLは、韓国や英国と比較して全体的に高い傾向を示した。特に、日本の冠動脈CTのDRLは、他国と比べて顕著に高いレベルにあると考えられる。韓国における冠動脈CTのDRLは、CTDI_{vol}が19 mGy、DLPが330 mGy・cmであるのに対し、日本のDRLはそれぞれ57 mGy、940 mGy・cmであり、約3倍の差が認められた。また、英国の冠動脈CTのDLPのDRLと比較しても、日本のDRLは2倍以上高い値であった。この結果は、日本における冠動脈CTの撮影プロトコールや線量設定の最適化が十分に進んでいない可能性を示唆している。

大部分のプロトコールにおいて、日本のDRLは米国のDRLと同等のレベルにあるものの、両国の標準体格の差を考慮すると、日本のDRLは相対的に高い値と考えられる。なお、日本の成人CTの調査では、標準体格（50～70 kg）の患者を対象としているのに対し、米国および英国の調査では、体重の条件が設定されていない。韓国の調査では韓国標準体型の5～95パーセントイル範囲（47～87 kg）の患者を対象としている。

急性肺血栓塞栓症&深部静脈血栓症に関するプロトコールにおいても、日本のDRLは海外と比較して高い値を示した。韓国、英国、米国の急性肺血栓塞栓症のプロトコールでは、肺動脈CTA単独のDRLが設定されているのに対し、日本ではCT venographyを含むプロトコールのDRLが設定されていることが、この差異の一因であると考えられる。本邦の画像診断ガイドライン（2021年版）では、急性肺血栓塞栓症の診断を目的とした肺動脈CTAにルーチンでCT venographyを追加撮影することは推奨していない⁽⁵⁾。また、国内外の診療ガイドラインでは、深部静脈血栓症の診断における第一選択の検査は下肢静脈超音波検査であり、超音波検

査による評価が困難な場合に CT venography の実施を検討すると記載されている^(6,7,8)。これらの点を踏まえ、各施設において、CT venography の追加撮影の必要性を再検討する価値があると考えられる。

5. 参考資料

- 1) 宮安 孝行, 藤村 一郎, 小倉 圭史, 田代 雅実, 小野 勝範, 田中 善啓, 大保 勇, 赤木 憲明, 高本 聖也, 五十嵐 隆元. 外傷全身 CT 撮影における被ばく線量 (CTDIvol と DLP) の国内実態調査 2022, 日本臨床救急医学会雑誌 2023 年 26 巻 6 号 p.711-720
- 2) Nam, S., Park, H., Kwon, S., Cho, P.K., Yoon, Y., Yoon, S.W., Kim, J., 2022. Updated National Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for CT Protocols: A National Survey of Korean Hospitals. Tomography 8, 2450-2459.
- 3) National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 20 November 2024
- 4) ACR–AAPM–SPR Practice Parameter for Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses in Medical X-Ray Imaging, Revised 2023 (Resolution 22)
- 5) 日本医学放射線学会. 画像診断ガイドライン 2021 年版
- 6) 日本循環器学会. 肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症の診断, 治療, 予防に関するガイドライン (2017 年改訂版)
- 7) Konstantinides, S.V., Meyer, G., Becattini, C., Bueno, H., Geersing, G.J., Harjola, V.P., Huisman, M.V., Humbert, M., Jennings, C.S., Jiménez, D., Kucher, N., Lang, I.M., Lankeit, M., Lorusso, R., Mazzolai, L., Meneveau, N., F, N.Á., Prandoni, P., Pruszczyk, P., Righini, M., Torbicki, A., Van Belle, E., Zamorano, J.L., 2020. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). Eur Heart J 41, 543-603.
- 8) Hanley, M., Steigner, M.L., Ahmed, O., Azene, E.M., Bennett, S.J., Chandra, A., Desjardins, B., Gage, K.L., Ginsburg, M., Mauro, D.M., Oliva, I.B., Ptak, T., Strax, R., Verma, N., Dill, K.E., 2018. ACR Appropriateness Criteria(®) Suspected Lower Extremity Deep Vein Thrombosis. J Am Coll Radiol 15, S413-s417.

モダリティ 小児 CT

報告者 ○竹井 泰孝、川浦 稚代、田波 穰、宮寄 治

報告日 2025 年 4 月 18 日

1. DRL の数値

小児の CT について、 $CTDI_{vol}$ (volume computed tomography dose index) および積算 DLP (dose length product) を対象として、表 1、表 2 のように DRL 値を定めた。

表 1. 小児 CT の DRL 値 (年齢による層別化)

	0-<1 歳		1-<5 歳		5-<10 歳		10-<15 歳	
	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP
頭部	27	460	34	610	44	810	55	*1000
胸部	2.0	50	3.0	80	4.0	120	6.0	*230
腹部	2.5	70	3.4	120	4.5	180	7.0	340
頸部 ~ 骨盤	2.0	80	2.8	145	4.0	220	7.0	510

表 2. 小児 CT の DRL 値 (体重による層別化)

	< 5 kg		5-<15 kg		15-<30 kg		30-<50 kg	
	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP	$CTDI_{vol}$	DLP
胸部	2.0	35	3.0	60	4.0	120	6.0	*225
腹部	*2.5	*65	4.0	140	4.0	180	7.0	310
頸部 ~ 骨盤	2.0	66	3.0	130	4.0	230	7.0	520

注1 頭部は 16 cm 径ファントム、体幹部は 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した。

注2 腹部の撮影範囲は上腹部~骨盤。

注3 $CTDI_{vol}$ の単位は mGy、DLP の単位は mGy・cm。

注4 *の DRL 値は Japan DRLs 2020 の DRL 値から変更なし。

2. 上記数値の根拠

J-RIME が実施した複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査「診断参考レベル改定に向けた線量調査」と日本放射線技術学会 (JSRT) 学術研究「我が国の小児 CT で患

児が受ける線量の実態調査（2023–2024）」の調査結果、ならびに日本 X 線 CT 専門技師認定機構が実施した線量調査結果を根拠として DRL 値を設定した。

2.1. 調査（時期、対象、方法）

複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査「診断参考レベル改定へ向けた線量調査」を 2024 年 9 月 1 日付けで全国 6,973 施設宛に郵送し、2024 年 10 月 1 日から 10 月 30 日の回答期間中に 611 件の有効回答を得た。

また JSRT 研究班は 2024 年 6 月末に日本小児医療施設協議会構成医療機関や小児放射線学会加入施設、特定機能病院、過去の調査に協力のあった 368 施設に対して調査依頼状を郵送し、2025 年 2 月末までの回答期間中に 33 件の有効回答を得た。

日本 X 線 CT 専門技師認定機構は 2024 年 4 月 24 日～7 月 11 日の期間に X 線 CT 認定技師更新 e-learning 受講者に対し、2023 年度に受講者の施設で実施した線量管理の記録について 159 件の有効回答を得た。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

CT 装置から線量情報と出力された $CTDI_{vol}$ (mGy) および積算 DLP (mGy·cm) の線量表示値を DRL 量として採用した。小児 CT 検査の線量表示値は CT 装置の特性や撮影プロトコルにより、16 cm 径あるいは 32 cm 径ファントムに基づいた線量表示値となる。そのため小児 CT の DRL 量は ICRP Publication 135 の勧告に基づき、頭部は 16 cm 径、体幹部は 32 cm 径ファントムを用いた校正に基づく $CTDI_{vol}$ および DLP とした¹⁾。なお体幹部で 16 cm 径ファントムに基づく $CTDI_{vol}$ および DLP が示されていた場合、線量表示値に補正係数 0.5 を乗じて 32 cm 径ファントムに基づく線量表示値に換算した。また小児の標準体格として DRL2020 と同様に 1 歳未満、1 歳～5 歳未満、5 歳～10 歳未満、10 歳～15 歳未満の 4 つの年齢幅による層別化を行い、さらに体幹部では 5 kg 未満、5～15 kg 未満、15～30 kg 未満、30～50 kg 未満の 4 つの体重幅による層別化を追加した。なお、厚生労働省、2019 年度版国民健康・栄養調査²⁾ のデータによると、5 kg 未満は生後 1 ヶ月未満、5 歳～15 kg 未満は生後 1 ヶ月から 4 歳未満、15～30 kg 未満は 4 歳～10 歳未満、30～50 kg 未満は 10 歳～14 歳未満の子どもの体格に相当する。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

J-RIME が実施した複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査「診断参考レベル改定へ向けた線量調査」と日本放射線技術学会（JSRT）学術研究班「我が国の小児 CT で患児が受ける線量の実態調査（2023–2024）」が行った小児 CT 線量調査、および日本 X 線 CT 専門技師認定機構の調査で得られた DRL 量の 75 パーセンタイル値を有効数字 2 桁で丸めた値を DRL 値として設定した。なお各調査の DRL 量が平均値±2SD を超えるものや 5 例未満の症例数の施設の DRL 量は外れ値として除外した。また頭部と胸部の 10–<15 歳の DLP、30–<50 kg の胸部、<5 kg の腹部の $CTDI_{vol}$ と DLP の 75 パーセンタイル値が Japan DRLs 2020 の DRL 値よりも大きな値となっていたが、DRL 値を変更させる合理的な理由が無かったため据え置きとした（表 1, 2*）。

以下の表 3、表 4 に頭部、胸部、腹部 CT の $CTDI_{vol}$ と積算 DLP の 75 パーセンタイル値、中央値、25 パーセンタイル値について、それぞれ年齢幅および体重幅で集計したものを示す。

表 3 $CTDI_{vol}$ 、DLP の 75%、50%、25% タイル値 (年齢幅による階層化)

$CTDI_{vol}$ [mGy]	0-<1 歳	1-<5 歳	5-<10 歳	10-<15 歳
Head				
75 th percentiles	27.5	34.2	44.2	54.9
50 th percentiles	22.3	28.0	36.5	47.5
25 th percentiles	17.8	23.0	29.9	40.1
Chest				
75 th percentiles	1.8	2.8	3.7	6.1
50 th percentiles	1.4	2.2	2.7	3.7
25 th percentiles	1.0	1.5	1.9	3.0
Abdomen				
75 th percentiles	2.4	3.4	4.4	6.8
50 th percentiles	1.6	2.4	2.9	5.1
25 th percentiles	1.2	1.7	2.2	3.7
Neck to Pelvis				
75 th percentiles	2.2	2.8	3.6	7.4
50 th percentiles	1.7	2.2	3.2	5.6
25 th percentiles	1.2	1.8	2.2	3.9
DLP (mGy*cm)				
Head				
75 th percentiles	457	615	812	1074
50 th percentiles	368	502	668	872
25 th percentiles	300	430	555	720
Chest				
75 th percentiles	46	77	120	234
50 th percentiles	28	55	85	140
25 th percentiles	14	34	58	105
Abdomen				
75 th percentiles	71	117	183	338
50 th percentiles	44	87	124	242
25 th percentiles	32	63	88	178
Neck to Pelvis				
75 th percentiles	78	146	223	507
50 th percentiles	55	106	176	401
25 th percentiles	41	80	149	275

表4 CTDI_{vol}、DLPの75%、50%、25%タイル値（体重幅による層別化）

CTDI _{vol} [mGy]	<5 kg	5-<15 kg	15-<30 kg	30-<50 kg
Chest				
75 th percentiles	2.2	2.6	3.7	6.0
50 th percentiles	1.3	2.0	2.8	4.2
25 th percentiles	0.9	1.6	2.4	3.9
Abdomen				
75 th percentiles	2.6	3.8	3.6	7.4
50 th percentiles	1.8	2.7	3.2	5.6
25 th percentiles	1.2	1.8	2.5	4.3
Neck to Pelvis				
75 th percentiles	2.1	2.8	4.0	6.8
50 th percentiles	1.5	2.0	3.1	5.5
25 th percentiles	0.9	1.6	2.4	3.9
DLP (mGy*cm)				
	<5 kg	5-<15 kg	15-<30 kg	30-<50 kg
Chest				
75 th percentiles	37	69	122	232
50 th percentiles	21	47	85	165
25 th percentiles	14	28	67	127
Abdomen				
75 th percentiles	75	138	180	310
50 th percentiles	43	96	130	244
25 th percentiles	29	57	91	180
Neck to Pelvis				
75 th percentiles	65	128	234	523
50 th percentiles	37	86	173	404
25 th percentiles	28	62	125	269

3. DRL 運用に関する注意など

基本的にCTのDRL量であるCTDI_{vol}とDLPは、腹部は32 cm径ファントム、頭部、小児は16 cm径ファントムで定義された値が装置に表示される。しかしCT装置や撮影プロトコールによっては、DRL量の定義ファントム径が異なる場合があるため、装置に表示されるDRL値の定義ファントムサイズを必ず確認することが必要である。またDRL2025のDRL値は、DRLs 2020と同様に年齢と体重による層別化を行ったが、体幹部のDRL値は体重幅による層別化を第一選択とした。年齢情報しか利用できない場合は年齢幅で層別化したDRL値を用いることを推奨するが、臨床現場で利用しやすい層別化のDRL値を用いて運用されたい。

4. その他

4.1. Japan DRLs 2015、2020 との比較^{3, 4)}

表5、6に Japan DRLs 2015、2020 の DRL 値との比較を示す。

表5 Japan DRLs 2015、2020 との比較（年齢幅による層別化）

CTDI _{vol} [mGy]	0-<1 歳	1-<5 歳	5-<10 歳	10-<15 歳
Head (16 cm)				
DRL 2015	38	47	60	-
DRL 2020	30	40	55	60
DRL 2025	27	34	44	55
Chest (32 cm)				
DRL 2015	5.5	7.0	7.5	-
DRL 2020	3.0	4.0	6.5	6.5
DRL 2025	2.0	3.0	4.0	6.0
Abdomen (32 cm)				
DRL 2015	5.5	8.0	8.5	-
DRL 2020	5.0	6.0	7.5	9.0
DRL 2025	2.5	3.4	4.5	7.0
DLP (mGy*cm)				
	0-<1 歳	1-<5 歳	5-<10 歳	10-<15 歳
Head (16 cm)				
DRL 2015	500	660	850	-
DRL 2020	480	660	850	1000
DRL 2025	460	610	810	*1000
Chest (32 cm)				
DRL 2015	105	150	205	-
DRL 2020	70	95	175	230
DRL 2025	50	80	120	*230
Abdomen (32 cm)				
DRL 2015	110	200	265	-
DRL 2020	110	190	265	450
DRL 2025	70	120	180	340

表 6 Japan DRLs 2020 との比較 (体重幅による層別化)

CTDI _{vol} [mGy]	<5 kg	5-<15 kg	15-<30 kg	30-<50 kg
Chest (32 cm)				
DRL 2020	2.5	4.5	5.5	6.5
DRL 2025	2.0	3.0	4.0	6.0
Abdomen (32 cm)				
DRL 2020	2.5	6.0	6.5	8.0
DRL 2025	*2.5	4.0	4.0	7.0
DLP (mGy*cm)				
	<5 kg	5-<15 kg	15-<30 kg	30-<50 kg
Chest (32 cm)				
DRL 2020	38	61	155	225
DRL 2025	35	60	120	*225
Abdomen (32 cm)				
DRL 2020	65	165	305	360
DRL 2025	*65	140	180	310

注 *の DRL 値は Japan DRLs 2020 の DRL 値から変更なし

本報告書で報告した CTDI_{vol} の DRL 値は、全ての年齢幅、体重幅、全ての部位で DRLs 2020 の DRL 値よりも低下していた。これは前回の調査以降、逐次近似応用再構成⁵⁾や深層学習を応用した画像再構成法⁶⁾など、様々な被ばく低減機能が搭載された CT 装置の普及が広く進んだこと、また医療法施行規則改正⁷⁾による医療放射線の安全管理と記録の義務化により、各医療機関で医療被ばくの最適化が進んでいることが示す結果と考える。しかし小児 CT の医療被ばくによる発がんリスクの増加を示唆する大規模コホート研究の報告^{8,9)}もあり、小児 CT による医療被ばくのさらなる最適化を継続していくことが求められる。

5. 参考資料

- 1) ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).
- 2) 厚生労働省, 2019 年度版 国民健康・栄養調査, Available at <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003224177>. Accessed March 7, 2025.
- 3) 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結果に基づく診断参考レベルの設定. 2015, Available at <https://j-rime.qst.go.jp/report/DRLhoukokusyo.pdf>. Accessed March 7, 2025.
- 4) 医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME), 日本の診断参考レベル (2020 年版). 2020, Available at https://j-rime.qst.go.jp/report/JapanDRL2020_jp.pdf, Accessed March 7, 2025

- 5) Priyanka, Kadavigere R, Sukumar S. Low Dose Pediatric CT Head Protocol using Iterative Reconstruction Techniques: A Comparison with Standard Dose Protocol. *Clin Neuroradiol.* 2024;34(1):229-239.
- 6) Horst KK, Zhou Z, Hull NC, et al. Radiation dose reduction in pediatric computed tomography (CT) using deep convolutional neural network denoising. *Clin Radiol.* 2025; 80:106705.
- 7) 厚生労働省、医療法施行規則の一部を改正する省令の施行等について。 Available at <https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/001048768.pdf>. Accessed March 7, 2025.
- 8) Hauptmann M, Byrnes G, Cardis E, et al. Brain cancer after radiation exposure from CT examinations of children and young adults: results from the EPI-CT cohort study. *Lancet Oncol.* 2023;24(1):45-53. doi:10.1016/S1470-2045(22)00655-6
- 9) Bosch de Basea Gomez M, Thierry-Chef I, Harbron R, et al. Risk of hematological malignancies from CT radiation exposure in children, adolescents and young adults. *Nat Med.* 2023;29(12):3111-3119. doi:10.1038/s41591-023-02620-0

1. DRL の数値

<DRL2025>

表 1 小児心臓 CT の DRL 値(年齢による層別化)

心臓		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	0-<1 歳	1.5	26
	1-<5 歳	1.9	47
	5-<10 歳	2.1	64
	10-<15 歳	7.9	280

注 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した

表 2 小児心臓 CT の DRL 値(体重による層別化)

心臓		CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]
	< 3 kg	1.1	18
	3-<5 kg	1.2	20
	5-<10 kg	2.6	49
	10-<20 kg	3.2	54
	20-<40 kg	4.1	120
	40-<60 kg	9.6	200

注 32 cm 径ファントムに基づいた値を示した

2. 小児心臓 CT 検査における DRL 設定の目的

従来、乳幼児の先天性心疾患の診断や病態把握は、経胸壁エコー検査やカテーテルを用いた心臓血管造影検査での評価が主体であった。近年、CT 技術の進歩により小児患者でも心臓 CT 検査が可能になり、従来検査の代替や追加評価として用いられるようになってきている¹⁻³⁾。特に、小児心臓 CT は短時間で広範囲の撮影が可能であり、画像診断技術の向上により被ばく量も低減されている。そのため、不安定で脆弱な乳幼児に対する低侵襲な画像診断としての期待が高まっている。実際、鎮静を要する心臓 MRI よりも頻繁に使用されるようになっている⁴⁾。一方で、小児心臓 CT の普及に伴い、患児が成長する過程で繰り返し検査を受けることによる放射線被ばくのリスクは避けられない。また、小児心臓 CT の簡便性から、本来の目的である心形態や心臓外大血管の評価に必要な十分な範囲を超えて、撮影距離が広く設定されることがある。さらに、検査時の撮影距離の設定において、位置決め画像から必要最小限の範囲を決定するには経験が必要であり、経験の少ない施設では必要以上の安全マージンを

含んでしまう可能性がある。そのため、適切な小児心臓 CT 検査を実施するためには、まず国内の線量レベルを把握し、至適な線量レベルおよび撮影距離を示す指針の策定が求められる。このような背景を踏まえ、DRL2025 では新たに小児心臓 CT の DRL を設定した。本設定の目的は、国内の線量レベルの把握と撮影範囲の提示であり、日本小児心臓 CT アライアンスのメンバー（班長：庄司友和，西井達矢，高木英誠，舛田隆則）が中心となり、DRL 値を策定した。

2. 1. 調査（時期，対象，方法）

J-RIME DRL CT プロジェクトチーム（小児心臓 CT）はアンケート内容を立案，2024 年 10 月 1 日（火）～10 月 30 日（水）に専用ウェブフォームを用いてデータを収集し，Microsoft Excel で解析を行った。調査は，全国の医療施設の病院長および医療放射線安全管理責任者に対して依頼状を送付する形で実施した。収集対象は，2023 年の任意の期間に施行された小児心臓 CT 連続 30 症例であり，対象年齢は 0 歳から 15 歳未満，体重は 1kg 未満から 60kg の範囲とし，各施設で連続 30 例の中央値を集計した。またアンケート内容は小児先天性心疾患（主に非チアノーゼ性心疾患，チアノーゼ性心疾患，小児心血管系）とした。最終的に 68 施設から回答が得られ，その内訳は小児専門病院 7 施設，大学病院 37 施設，その他の医療機関 24 施設であった。得られたデータの解析にあたっては，データクレンジングを実施し，回答数 5 症例以下の施設を除外した。また，明らかな外れ値については，記載ミスの可能性があると判断し，除外した。

2. 2. 線量評価（単位，標準ファントム，標準体格）

DRL 量として CT 装置から線量情報と出力された $CTDI_{vol}$ [mGy] および DLP (mGy·cm) の線量表示値を採用した。なお小児 CT 検査の線量表示値は，CT 装置の特性や撮影プロトコールによって 16 cm もしくは 32 cm の $CTDI$ ファントムによる値が表示されるが，DRL 値は 32 cm ファントムによる値を示した。なお 16 cm ファントムによる線量値を比較する場合は，32 cm ファントムによる線量値に補正係数 2 を乗じて求めていただきたい。また小児の標準体格は ICRP Publication 135⁵⁾ および DRLs 2020⁶⁾ を参考に年齢幅は 1 歳未満，1～5 歳未満，5 歳～10 歳未満，10 歳～15 歳未満の 4 区分，体重幅は <3 kg，3-<5 kg，5-<10 kg，10-<20 kg，20-<40 kg，40-<60 kg の 6 区分とした。体重幅と年齢幅は厚生労働省，2016 年度版国民健康・栄養調査⁷⁾ のデータより，<5 kg は 1 月未満，5～<15 kg は 1 月～4 歳未満，15～<30 kg は 4 歳～10 歳未満，30～<50 kg は 10 歳～14 歳未満に相当するとしている。また 2022 年には医療機関退院後の低出生体重児の体発育曲線（出生体重別）⁸⁾ が報告されているので併せて参考にされたい。

2. 3. 結果と考察（DRL 設定の根拠，limitation）

原則として，2024 年の調査結果の 75 パーセンタイルを有効数字 2 桁で丸めた値を DRL として設定する方針とした(表 1, 2 参照)。また以下の表 3 に年齢別，体重別の $CTDI_{vol}$ ，DLP，撮影距離の 75 パーセンタイル値，中央値を集計したものを示す。

表3 小児心臓CT検査のCTDI_{vol}, DLP, 撮影距離の75パーセンタイル値, 中央値(年齢, 体重幅による階層化)

	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]	撮影距離[cm]	調査施設数
年齢別				
< 1歳	1.5 (0.85)	26.45 (14.70)	17.63 (17.29)	45
1 - <5歳	1.9 (1.56)	46.74 (28.61)	24.6 (18.34)	38
5 - <10歳	2.13 (1.75)	64 (52.60)	30.05 (30.06)	27
10 - <15歳	7.93 (5.08)	282.75 (170.42)	35.66 (33.55)	23
体重別				
<3 kg	1.1 (0.55)	17.9 (7.05)	16.27 (12.82)	24
3-<5 kg	1.15 (0.65)	19.85 (9.70)	17.26 (14.92)	31
5-<10 kg	2.6 (0.85)	48.5 (17.05)	18.65 (20.06)	37
10-<20 kg	3.2 (0.95)	53.65 (24.70)	16.77 (26.00)	33
20-<40 kg	4.1 (1.95)	124.35 (56.95)	30.33 (29.21)	23
40-<60 kg	9.55 (5.30)	195.15 (173.50)	20.43 (32.74)	12

注1 32 cm径ファントムに基づいた値を示す。

注2 75パーセンタイルおよび括弧内に中央値を示す。

本調査結果では、日本国内の68施設から回答があった。年齢別に比較すると、低年齢になるに従い、CTDI_{vol}とDLPの75パーセンタイル値、中央値は低い数値となった。また体重別においても、低体重になるに従い、CTDI_{vol}, DLPの75パーセンタイル値、中央値は低い数値となった。撮影範囲に関しても低年齢、低体重になるに従い、短い傾向を示した。

本調査結果の考察にあたり、Huiらの論文を参照した。この論文は、アジア地域8施設で実施された1,043例の先天性心疾患を有する小児心臓CTに関し、CTDI_{vol}およびDLPを体重別に報告している⁹⁾。直径32 cmのCTDIファントムのCTDI_{vol}は0-4.9, 5.0-9.9,

10.0–19.9, 20.0–39.9, 40.0–59.9 kg の順に 4.3, 5.3, 5.9, 11.2, 23.8 mGy, DLP は 55.8, 77.6, 93.4, 206.3, 501.3mGy·cm であり, すべての年齢区分において DRLs2025 調査結果の数値が低い結果となった。また撮影範囲についても報告しており, 0–4.9, 5.0–9.9, 10.0–19.9, 20.0–39.9, 40.0–59.9 kg の順に 14.5, 15.6, 17.9, 21.3, 23.5 cm であり, DRLs2025 調査の 10–<20 kg 以下の体重区分別の結果と近い値を示していた。しかし, Hui らの報告は 2014 年当時の調査結果であり, この約 10 年間でさらなる被ばく低減が進んでいると考えられる¹⁰⁾。また近年の報告として, 2021 年の Oliveira らは, 4 施設で 18 歳未満の小児心臓 CT を施行する患者を対象に前向き試験を行い, 単一あるいは狭い心位相をターゲットに撮影された心臓 CT の CTDI_{vol} および DLP を年齢別に示したものがあ¹¹⁾。この報告では, CTDI_{vol} は ≤6 ヶ月, >6 ヶ月–2.5 歳, >2.5–7.5 歳, >7.5–12.5 歳, >12.5–<18 歳の順に 0.46, 0.66, 0.85, 2.11, 3.16 mGy, DLP は 5, 11, 19, 35, 61 mGy·cm と, DRLs2025 調査結果の中央値よりもはるかに低い値であった。この要因として, 68%の患児が 70 kV で検査されていたこと, および心位相を限定して撮影していたことが考えられる。このように小児心臓 CT に関する DRL の報告は少なく単純な比較は難しいが, 各施設において今回の国内調査の中央値を目標とし, プロトコールの見直しを進めることが望ましい。

今回の解析作業にあたり, 調査データのデータクレンジングを実施した。これは, 68 施設の回答データにおいて, 年齢別・体重別の中央値を 1 症例のみで回答した施設が複数あったためである。集計後, 回答数が 5 症例以下, 10 症例以下, 20 症例以下のデータについて, それぞれ 75 パーセンタイル値および中央値を算出した。その結果, 5 症例以下のデータを除外した場合, 75 パーセンタイル値および中央値のばらつきが減少したことから, 本調査では回答数 5 症例以下の施設を除外した。ICRP Publication 135 では, 調査の第一段階において 20 ~30 施設からのデータで十分とされ, DRL に関する CT 検査の調査では 30 例以上が望ましいとされている。今回, 5 症例以下のデータを除外しても一定の信頼性は確保できていると考えられるが, 次回の DRL 策定の調査では各施設の各項目の調査件数を増やすために調査対象期間の延長なども検討すべきである。

3. DRL 運用に関する注意など

DRL2025 において, 新たに小児心臓 CT の DRL を設定した。本設定の目的は, 国内における線量レベルの把握と撮影範囲の提示である。年齢や体重が低いほど CTDI_{vol} および DLP の 75 パーセンタイル値と中央値は低下し, 一定の傾向を示した。設定値は, 近年の報告と比較するとやや高いため, 各施設での撮影条件の再確認が望まれる。しかしながら, 小児心臓 CT は小児 CT 検査の中でもやや特殊な検査であり, 標準的な撮影法は確立されていない。被ばく低減のためには, 検査目的(心臓形態評価・心機能評価)の整理, 体格指標に適したプロトコールの構築, 低管電圧撮影, 逐次近似応用再構成, Deep Learning Reconstruction (DLR), 撮影回数・撮影範囲など, 各因子を各施設で見直すことが重要である。なお, 撮影プロトコールの見直しにあたっては, 各種ガイドラインなど最新の情報¹²⁾も参考にされたい。

4. その他

現時点では、SSDE は DRL として用いるには適切な数量とは考えられていない。これは、CTDI_{vol} ほど広く使用されていないためである。しかし、SSDE を装置の技術により自動計算できる場合は、最適化に使用するための貴重な追加情報が得られる可能性があり、ICRP Publication 135 では DRL 値の設定をさらに精緻化かつ最適化するための追加情報源として、推奨されている DRL 量に加え SSDE を用いてもよいとしている。特に胸部を中心とする小児心臓 CT では合理的にモデル化できない体内の減衰特性があるため将来的には、SSDE は適切な DRL 量になると考える。

5. 参考資料

- 1) Goo HW, Park IS, Ko JK et al (2005) Computed tomography for the diagnosis of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *Int J Card Imaging* 21:347-365.
- 2) Goo HW (2010) State-of-the-art CT imaging techniques for congenital heart disease. *Korean J Radiol* 11:4-18.
- 3) Goo HW (2013) Current trends in cardiac CT in children. *Acta Radiol* 54:1055-1062.
- 4) Epstein R, Yomogida M, Donovan D, et al(2024) Trends in cardiac CT utilization for patients with pediatric and congenital heart disease: A multicenter survey study. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 18 (3) :267-273.
- 5) ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. *Ann. ICRP* 46(1).
- 6) 医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME), 日本の診断参考レベル(2020年版). https://j-rime.qst.go.jp/report/JapanDRL2020_jp.pdf
- 7) 厚生労働省, 2016年度版国民健康・栄養調査, <https://www.estat.go.jp/dbview?sid=0003224177>.
- 8) 健やか親子 21 医療機関退院後の低出生体重児の身体発育曲線(2022年). https://sukoyaka21.cfa.go.jp/media/tools/s03_mijyu_tebi002.pdf
- 9) Hui PKT, Goo HE, Du J, et al. Asian consortium on radiation dose of pediatric cardiac CT(ASCI-REDCARD). *Pediatr Radiol.* 2017 Jul;47(8):899-910.
- 10) Kritsaneepaiboon S, Goo HW (2021) Review of the Asian Consortium on Radiation Dose of Pediatric Cardiac CT (ASCI-REDCARD) and Recommendations for a New Edition. *Cardiovasc Imaging Asia* 5(4):132-138.
- 11) De Oliveira Nunes M, Witt DR, Casey SA, et al. Multi-institution assessment of the use and risk of cardiovascular computed tomography in pediatric patients with congenital heart disease. *Cardiovasc Comput Tomogr* 2021 Sep-Oct;15(5):441-448.
- 12) Hong SH, Goo HW, Maeda E, et al (2019) User-Friendly Vendor-Specific Guideline for Pediatric Cardiothoracic Computed Tomography Provided by the Asian Society

of Cardiovascular Imaging Congenital Heart Disease Study Group: Part I. Imaging Techniques. Korean J Radiol. 20(2):190-204.

モダリティ 成人治療計画 CT

報告者 ○木藤 哲史、遠山 尚紀、佐藤 清和、多湖 正夫、篠田 和哉、
長畑 智政、須田 雄飛

報告日 2025年2月27日

1. DRL の数値

各照射技術で用いられる治療計画 CT プロトコールにおける $CTDI_{vol}$ および DLP

照射技術	$CTDI_{vol}$ [mGy]	DLP [mGy·cm]
脳腫瘍定位放射線治療	92	2,810
頭頸部腫瘍強度変調放射線治療	33	1,300
肺癌定位放射線治療	86	2,420
乳癌術後接線照射	23	930
局所前立腺癌強度変調放射線治療	32	1,160

注1) すべてのプロトコールにおいて、標準体格は体重 40~80 kg

注2) $CTDI_{vol}$ および DLP は、検査全体に対する和

注3) 脳腫瘍定位放射線治療は 16 cm ファントムサイズにおける値、それ以外
は 32 cm ファントムサイズにおける値

2. 上記数値の根拠

ICRP135 のガイドラインによれば¹⁾、”DRL は放射線治療時の使用を意図したものではないが、治療計画の作成のための画像撮像、治療リハーサル、および放射線治療における患者設定検証においては考慮すべきである。”と記述されている。本勧告を受け、日本放射線腫瘍学会 放射線治療における位置照合撮像線量の実態調査班、日本医学物理学会 計測委員会および放射線防護委員会の合同で実施した、2021 年の治療計画 CT 装置に関する線量調査に基づき、治療計画 CT プロトコールに対する DRL 値を設定した。詳細は、文献²⁾を参考にされた。

2.1. 調査（時期、対象、方法）

2021 年 10 月 11 日~2021 年 12 月 16 日に Google フォームを用いてデータ収集、Microsoft Excel にて解析した。調査回答の依頼は、日本放射線腫瘍学会、日本医学物理学会、日本放射線技術学会、日本医学物理士会、および地域研究会のメーリングリストを利用した。収集の対象は、各治療計画 CT プロトコールについて、直近の成人かつ体重が 40-80 kg の範囲の患者 5 例を施設内で集計した中央値とした。合計で 328 施設からの有効回答が得られ、各プロトコール別では、脳腫瘍定位放射線治療（Stereotactic radiation therapy：SRT）で 197 施設、頭頸部腫瘍強度変調放射線治療（Intensity-modulated radiotherapy：IMRT）で 194 施

設、肺癌定位放射線治療（Stereotactic body radiation therapy：SBRT）で 227 施設、乳癌術後接線照射で 304 施設、局所前立腺癌 IMRT で 231 施設から回答が得られた。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

DRL 量として、治療計画 CT 装置から出力される $CTDI_{vol}$ [mGy]、DLP [mGy・cm] の推測値を採用した。脳腫瘍 SRT のみ 16 cm、それ以外は 32 cm のファントムサイズで評価した。脳腫瘍 SRT および頭頸部腫瘍 IMRT において、 $CTDI_{vol}$ を計算したファントムサイズが施設によって異なっていたため、ファントムサイズを統一させるために米国医学物理学会のタスクグループ 204 報告³⁾に示されている近似式を使用し、各施設から収集した線量を変換した。全てのプロトコールにおいて、標準体格は 40~80 kg とした。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

本調査では、日本国内の 328 施設から回答があり、759 の放射線治療施設に対する回答率は 43%であった。各プロトコールにおける $CTDI_{vol}$ および DLP を比較すると、脳腫瘍 SRT および肺癌 SBRT で使用される線量は、他のプロトコールよりも高く、かつばらつきも大きいことが分かった（表 1）。

脳腫瘍 SRT については、(1) $CTDI_{vol}$ を計算するために 16 cm のファントムサイズが使用されていること、(2) 薄いスライス（例えば 1 mm）が必要であること、(3) 脳内の腫瘍コントラストに対する施設方針が異なっていること等の理由が考えられる。特に腫瘍コントラストについては、造影剤を使用しつつ良好な治療計画 CT 画像を撮像することを重視するか、または MR 画像のフュージョンを用いるため、高画質は不要と考えるかによって、施設間で差が大きくなった可能性がある。

肺癌 SBRT については、使用される照射技術の違い、腫瘍運動の範囲を評価するための 4DCT の撮像範囲、複数のスキュンの使用が、線量とばらつきを増加させる理由となった。使用される照射技術別の DLP の 75 パーセントイルおよび 50 パーセントイルを表 2 に示す。なお、4DCT を 1 回以上撮像すると答えた回答は、全体の 79.0%であった。

治療計画装置を使用して放射線治療における人体内の線量分布を計算するためには、治療計画 CT 画像に CT 値-相対電子濃度変換テーブルを適用し、人体の密度分布情報を得る必要がある。さまざまな画像条件、例えば、管電圧、視野、再構成アルゴリズム、ピッチ、再構成フィルタ、後処理フィルタ等が HU を変化させる可能性があるが、Davis ら⁴⁾によれば、治療計画 CT 画像の画像品質は、軟部組織において ±5 HU 以内の画質が必要である。従って、CT 画像の画質に求められる理由が診断 CT 画像と異なるため、治療計画 CT 画像の $CTDI_{vol}$ と DLP は、診断領域の DRLs と単純に比較することは難しい。

本研究で収集したデータは、検査全体の総被ばく線量を収集したため、単一の CT スキャンの結果に基づくものではない。したがって、1 回の検査で複数のスキュンが実施されるほど、総 $CTDI_{vol}$ および総 DLP が増加する。本傾向は、肺癌 SBRT でより顕著であった。

表 1. 各照射技術で用いられる治療計画 CT プロトコールにおける $CTDI_{vol}$ および DLP

照射技術		脳腫瘍 SRT	頭頸部 腫瘍 IMRT	肺癌 SBRT	乳癌術後 接線照射	局所 前立腺癌 IMRT
ファントムサイズ		16 cm	32 cm	32 cm	32 cm	32 cm
CTDI _{vol} [mGy]	75 th percentile	92	33	86	23	32
	Median	68	20	50	16	21
	25 th percentile	46	13	24	11	16
DLP [mGy・cm]	75 th percentile	2,810	1,300	2,420	930	1,160
	Median	1,850	810	1,560	630	800
	25 th percentile	1,370	540	850	460	550

注1) すべてのプロトコールにおいて、標準体格は体重 40～80 kg

注2) CTDI_{vol} および DLP は、検査全体に対する和

表 2. 肺癌 SBRT において、各照射技術で分類した治療計画 CT プロトコールにおける DLP

照射技術	DLP [mGy・cm]	
	75 th percentile	Median
自由呼吸下での照射	2,560	1,660
息止め照射	2,160	940
呼吸同期照射	2,360	1,780
動体追尾照射	2,740	2,060

注1) すべてのプロトコールにおいて、標準体格は体重 40～80 kg

注2) DLP は、検査全体に対する和

3. DRL 運用に関する注意など

脳腫瘍 SRT や頭頸部腫瘍 IMRT の治療計画 CT プロトコールでは、必ず被ばく線量の算出に用いたファントムサイズを確認してから治療計画 CT の診断参考レベルと比較すること。治療部位だけでなく、各照射技術にも依存して治療計画 CT 画像の被ばく線量が異なること。治療計画 CT 画像に要求される画質およびそれに伴う被ばく線量は、診断 CT 画像と異なっていることを理解すること。

4. その他

治療計画 CT 画像に関する DRL は、2022 年に英国で報告されている^{5, 6)}。英国の報告では、「脳」および「頭頸部」の CTDI_{vol} および DLP は、16 cm のファントムサイズで評価されている。英国研究で比較された脳、頭頸部、乳房、前立腺の CTDI_{vol} はそれぞれ 50、49、10、16 mGy、DLP はそれぞれ 1,500、2,150、390、570 mGy・cm であった。通常スキャンにおける肺領域の

CTDI_{vol}は14 mGy、4DCT撮像で63 mGy、DLPは通常スキャンで550 mGy・cm、4DCT撮像で1,750 mGy・cmであった。これらの値は、我々のデータと同程度か、やや低い値となっている。ただし、我々のCTDI_{vol}およびDLPのデータは、通常スキャンと4DCTの両方の和が含まれているため、肺癌SBRTに関しては英国のDRLと単純に比較することはできない。

乳癌術後接線照射について、我々の研究におけるCTDI_{vol}の75パーセンタイルは、英国で適用された値と比較して2.3倍高かった。乳癌術後接線照射はほとんどの施設で実施されており、他との比較が容易であるため、今後の線量最適化プロセスの指標になりえると考えられる。

5. 参考資料

- 1) Vañó E, Miller DL, Martin CJ, et al. ICRP Publication 135. Diagnostic reference levels in medical imaging. Ann ICRP. 2017; 46(1): 1-144.
- 2) Kito S, Suda Y, Tanabe S, et al. Radiological imaging protection: a study on imaging dose used while planning computed tomography for external radiotherapy in Japan. J Radiat Res. 2024 Mar 22;65(2):159-167. doi: 10.1093/jrr/rrad098. PMID: 38151953; PMCID: PMC10959444.
- 3) Boone, JM, Strauss, KJ, Cody, DD, et al. The Report of Task Group 204: Size-specific dose estimates (SSDE) in pediatric and adult body CT examinations. American Association of Physicists in Medicine College Park, MD. 2011.
- 4) Davis, AT, Palmer, AL, Nisbet, A. Can CT scan protocols used for radiotherapy treatment planning be adjusted to optimize image quality and patient dose? A systematic review. Br J Radiol. 2017; 90(1076): 20160406.
- 5) Wood, TJ, Davis, AT, Earley, J, et al. IPEM topical report: the first UK survey of dose indices from radiotherapy treatment planning computed tomography scans for adult patients. Phys Med Biol. 2018; 63(18): 185008.
- 6) UK Health Security Agency. Guidance national diagnostic reference levels (NDRLs) from 13 October 2022. <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl> (3 Apr 2022, date last accessed).

モダリティ 一般撮影

報告者 ○大野 和子、浅田 恭生、五十嵐 隆元、上間 千秋、大西 裕満、
佐藤 寛之、長谷川 隆幸、広藤 喜章、長畑 智政

報告日 2025年2月28日

1. DRLの数値

表1 一般撮影領域のDRL 2025

撮影部位・条件	入射表面空気カーマ* $K_{a,e}$ [mGy]
胸部正面 (100kV 未満)	0.3
胸部正面 (100kV 以上)	0.2
検診胸部正面 (100kV 以上)	0.2
腹部正面 (臥位)	1.4
乳児股関節 (0~1 歳)	0.1
乳児胸部 (0~1 歳)	0.1
小児胸部 (5 歳)	0.1
小児股関節 (5 歳)	0.2
小児全脊柱 (5 歳)	0.2
小児全脊柱 (10 歳)	0.3
頭部正面	1.3
頸椎正面	0.5
胸椎正面	1.8
胸椎側面	3.4
腰椎正面	2.5
腰椎側面	5.5
骨盤正面	1.7

*入射表面空気カーマはDRLs2020の入射表面線量 [mGy]と同義

2. 上記数値の根拠

2.1. 調査 (時期、対象、方法)

調査期間 2024年10月1日から10月30日

検診胸部正面は 2024年1月4日から10月31日

5歳児股関節、5歳児と10歳児の全脊柱 2024年10月1日から11月30日

対象 日本医学放射線学会認定 放射線科専門医修練機関、日本診療放射線技師会会員の在席する医療機関、日本放射線技術学会会員の在籍する医療機関の計6,973施設

検診胸部正面 公益社団法人全国労働衛生団体連合会会員機関所属 370 施設
 小児総合医療施設協議会等 392 施設（内訳；日本小児総合医療施設協議会 会
 員機関：28 施設、日本小児放射線学会 関係機関：185 施設、特定機能病院：80
 施設、国立病院機構等 調査協力施設：99 施設）

方法 複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査とした。
 日本医学放射線学会事務局から調査依頼文書「診断参考レベル改定へ向けた線量
 調査」と記入用紙を理事長名で配布した。

収集後明らかな誤記入と思われる値は委員の協議により削除した。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

各施設から報告された EPD（Estimation of Patient Dose in diagnostic X-ray examination：公益社団法人茨城県診療放射線技師会提供）により算出した入射表面空気カーマを用いた^{1) 2)}。

検診胸部正面 は NDD（Numerical Dose Determination：公益社団法人茨城県診療放射線技師会提供）により算出した入射表面空気カーマを用いた。

成人の検査は体重 50 kg～60 kg の一般的な体格の患者 20 名の中央値を、子供の検査は乳児（0～1 歳）と小児（5 歳と 10 歳）を調査した。対象検査は表 2 に示す 17 検査とした。

なお、参考集計のために面積線量計の数値が取得できる施設には合わせて回答を依頼した。DRL の決定は、調査結果から 75 パーセンタイルを求めた。

表 2 DRL 対象検査一覧

・胸部正面（100kV 未満）	・胸部正面（100kV 以上）	・検診胸部正面（100kV 以上）
・腹部正面（臥位）	・乳児股関節（0～1 歳）	・乳児胸部（0～1 歳）
・小児胸部（5 歳）	・小児股関節（5 歳）	・小児全脊柱（5 歳）
・小児全脊柱（10 歳）	・頭部正面	・頸椎正面
・胸椎正面	・胸椎側面	・腰椎正面
・腰椎側面	・骨盤正面	

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

結果：

医療機関の計 6,973 施設のうち 509 件の有効回答を得た。全国労働衛生団体連合会会員機関は 370 施設、小児総合医療施設協議会等 392 施設から回答を得た。

全体の結果を表 1 に示す。回答施設数は撮影部位・条件により 289～473 施設であった。胸部正面（100 kV 未満）を回答した施設は 289 施設存在した。検診胸部正面は令和 6 年度胸部 X 線検査精度管理調査に参加した 360 施設、5 歳児股関節、5 歳児と 10 歳児の全脊柱は、132

施設から回答を得た（有効データ施設数は、5歳児股関節が121施設、5歳児全脊柱が93施設、10歳児全脊柱が101施設）。

面積線量計の値を表4に示す。回答施設は53～99施設であった。

考察：

撮影部位・条件による回答施設数のばらつきについては、年間検査件数が20件以上の施設のみに回答を依頼したため、頻度の少ない検査では未回答となったことが影響していると考えられる。表3にDRLs 2020でも収集した撮影・条件との比較結果を示すが、全ての結果で15%～43%の減少を認めた。2020年の医療法施行規則の改正により線量管理の重要性が広く認識されたことと、新型コロナウイルスの感染拡大でその感染症対策としての補助金が病院の装置更新の追い風となったことに加え、全国の放射線技術系の学協会が開催する線量管理に関する講習会も線量低減に貢献したと思われる。面積線量計を装備した撮影装置はまだ一部施設でしか利用されていないため、具体的な評価については今後の課題である。

表3 前回調査結果との比較

撮影部位・条件	DRLs 2025		DRLs 2020 [mGy]	増減率[%]
	入射表面空気 カーマ $K_{a,e}$ [mGy]	中央値 [mGy]		
胸部正面（100kV 未満）	0.27	0.20	0.4	- 32.3
胸部正面（100kV 以上）	0.20	0.14	0.3	- 33.3
検診胸部正面（100kV 以上）	0.17	0.13	0.2	- 15.0
腹部正面（臥位）	1.42	0.95	2.5	- 43.0
乳児股関節（0～1歳）	0.12	0.08	0.2	- 40.0
乳児胸部（0～1歳）	0.11	0.07	0.2	- 45.0
小児胸部（5歳）	0.14	0.10	0.2	- 30.0
小児股関節（5歳）	0.24	0.15	前回なし	—
小児全脊柱（5歳）	0.17	0.12	前回なし	—
小児全脊柱（10歳）	0.27	0.18	前回なし	—
頭部正面	1.34	0.88	2.5	- 46.4
頸椎正面	0.54	0.39	0.8	- 33.0
胸椎正面	1.80	1.28	3.0	- 39.9
胸椎側面	3.40	2.15	5.0	- 32.0
腰椎正面	2.50	1.61	3.5	- 28.6
腰椎側面	5.53	3.65	9.0	- 38.6
骨盤正面	1.71	1.17	2.5	- 31.6

表4 面積線量計 75 パーセントイル値

	75 パーセントイル値 [mGy・cm ²]	中央値 [mG・cm ²]
胸部正面 (100kV 未満)	373.0	236.0
胸部正面 (100kV 以上)	207.0	147.0
部正面 (臥位)	1570.0	909.0
乳児股関節 (0~1 歳)	35.9	26.0
乳児胸部 (0~1 歳)	43.5	30.0
小児胸部 (5 歳)	82.8	58.5
頭部正面	729.0	439.0
頸椎正面	266.0	172.0
胸椎正面	1300.0	672.0
胸椎側面	2320.0	1180.0
腰椎正面	1780.0	1080.0
腰椎側面	3850.0	2240.0
骨盤正面	1860.0	1380.0

3. DRL 運用に関する注意など

今回の結果を参考に施設の放射線安全管理を推進してほしい。また面積線量計を有する装置を保有する施設では、今回は参考値としてその数値を用いた管理を推進してほしい。

4. その他

一般撮影の DRL については、各国も発表しているが、体格による影響を大きく受けるため、日本の DRLs 2025 を用いてほしい。

5. 参考資料

- 1) 公益社団法人茨城県診療放射線技師会 EPD (NDD 法を発展させた標準的 X 線検査での表面線量・臓器線量算出ソフトウェア) <http://www.iart-web.org/epd/>
- 2) 渡邊 浩, 関 将志, 新田 正浩, 他. 一般撮影の医療被ばくの防護を最適化するためのベンチマークドーズ(BD)の提案. 日本放射線技術学会雑誌. 2018;74(5):443-451.

1. DRL の数値

- ・臨床データに基づく 2D マンモグラフィ平均乳腺線量 1.4 (1.44) mGy (75%)
- ・臨床データに基づく DBT 平均乳腺線量 1.6 (1.58) mGy (75%)
- ・PMMA 40 mm における平均乳腺線量 2.2 (2.16) mGy (95%)

2. 上記数値の根拠

Mammography によって放射線被ばくを受ける患者は、生命を脅かすような病気を克服できるという大きな便益を受けることができるが、その被ばく線量は有益な医学的情報が得られる範囲で可能な限り低く抑えることが必要である。そこで DRLs 2020¹⁾で採用した「臨床で撮影した右 MLO 撮影時における 2D マンモグラフィと Digital Breast Tomosynthesis (以下: DBT) の平均乳腺線量を、1施設当たり無作為抽出 50 症例分の中央値」について 2023 年度中に実施された各施設の連続 50 症例の中央値を統合アンケート形式にて収集解析することとした。

次に DRLs 2015 から採用している NPO 法人日本乳がん検診精度管理中央機構が行っている施設認定時の線量評価項目の一つである平均乳腺線量 (以下: D_c) を基に DRLs 2025 値を算出した。これはマンモグラフィ検診および診療に、良好マンモグラムを確保することが重要であり、撮影装置が仕様基準を満たしていても、その使い方や各種パラメータ、画像表示系によって不良な画質になる可能性があるため、継続的に画像・線量評価および良い画質を得るためのマンモグラフィ施設・画像・線量評価を行っているものである。

2.1. 調査 (時期、対象、方法)

2.1.1 臨床撮影データに基づく 2D マンモグラフィの平均乳腺線量

対象期間: 2024 年 10 月 1 日 (火) ~ 2024 年 10 月 30 日 (水)

対象装置: 撮影時の平均乳腺線量を有している乳房用 X 線装置

有効データ数: 534 台

対象症例: 各協力施設にて圧迫乳房厚 (被写体厚) 30~60 mm の右 MLO 症例とし、右乳房術後や異常所見を有する場合は、左 MLO 症例とした。この対照群より無作為抽出で 50 名のデータを抽出し中央値を求め、その値をアンケートで集めた。このデータから線量分布を作成し DRL 値として 75% 値を求めた。

2.1.2 臨床撮影データに基づく DBT の平均乳腺線量

対象期間: 2024 年 10 月 1 日 (火) ~ 2024 年 10 月 30 日 (水)

対象装置：撮影時の平均乳腺線量を有している乳房用 X 線装置
有効データ数：225 台

対象症例：各協力施設にて圧迫乳房厚（被写体厚）30～60 mm の右 MLO 症例とし、右乳房術後や異常所見を有する場合は、左 MLO 症例とした。この対照群より無作為抽出で 50 名のデータを抽出し中央値を求め、その値をアンケートで集めた。このデータから線量分布を作成し DRL 値として 75% 値を求めた。

2.1.3 NPO 法人日本乳がん検診精度管理中央機構が行っている施設画像認定で A・B（B-1, B-2 を含む）認定を受けた乳房用 X 線装置システムの平均乳腺線量

基準：PMMA 40 mm に対する平均乳腺線量

対象期間：2019 年 4 月から 2024 年 3 月

対象装置：NPO 法人日本乳がん検診精度管理中央機構が行っている施設画像認定で A・B（B-1, B-2 を含む）認定を受けた乳房用 X 線装置システム 2,880 台

施設画像評価データは 2019 年 4 月より 2024 年 3 月の 5 年間に合格判定基準を満たした認定施設（A および B ランク）の 2,880 台の装置を対象とし算出した。この内訳は図 1 に示すように FPD システム化が進んでいた。なお、この期間に施設認定を取得したアナログシステムは 2 台の為、今回のデータには含んでいない。この台数は日本における病院・診療所等で使用されている乳房用 X 線装置設置台数 4,261 台（Data Book 図表で見る画像医療システム産業 2024：2020 年調査¹⁾）の約 68%にあたる。また、過去 5 年間の乳房用 X 線装置の国内導入台数は平均で 390～400 台/年であり、そのほとんどが FPD システムであることから、今後も FPD システムの使用割合が増加してくることが推測された。

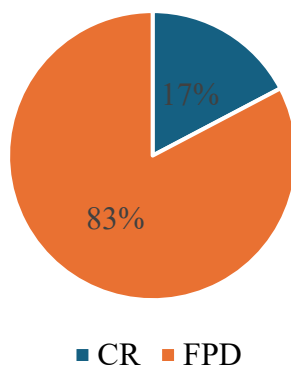


図 1 施設画像評価におけるシステム割合

方法：DG 測定方法は、施設認定を行った施設に対し送付したガラス線量計（千代田テクノル）を送付し、照射を行い得られた照射線量と、半価層から D_0 を求めている。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

2.2.1 臨床撮影データに基づく 2D マンモグラフィの平均乳腺線量

被写体厚・測定点・測定方法

各協力施設にて無作為抽出で 50 名のデータを抽出し中央値を求め、その値をアンケートで集めた。このデータから線量分布を作成し DRL 値を求めた。

2.2.2 臨床撮影データに基づく DBT の平均乳腺線量

被写体厚・測定点・測定方法

各協力施設にて無作為抽出で 50 名のデータを抽出し中央値を求め、その値をアンケートで集めた。このデータから線量分布を作成し DRL 値を求めた。

2.2.3 PMMA 40 mm に対する平均乳腺線量

被写体厚：polymethyl-methacrylate：PMMA 40 mm 測定点 乳房支持台の左右中心、胸壁端から 60 mm、乳頭側、乳房支持台より 40 mm 上方。

測定方法：撮影条件は AEC 作動時の照射条件と同じ条件をマニュアルモードで設定し、測定器に照射を行う。このとき同じ mAs 値が設定できない場合は、その mAs 値を上回る最も近い値に設定した。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

図 2 に臨床撮影データに基づく 2D マンモグラフィの平均乳腺線量の収集データを、図 3 に臨床撮影データに基づく DBT の平均乳腺線量の収集データを示す。図 2 より前回 DRLs 2020 時の収集データ数のおよそ 10 倍のデータ数を集めたが、DRL 値としてはほとんど変わらない結果であった（DRLs 2025：1.44 mGy・DRLs2020：1.43 mGy）²⁾。これは DBT にも同じことが言え、四捨五入の関係で DRL 値が 1.6 mGy と表記されることになるが、DRLs 2025：1.58 mGy に対して DRLs 2020：1.53 mGy であることから僅か 3%の相違であり誤差範囲であると言える。むしろ DRLs 2020 時に集めたデータは今回と比較すると僅かかも知れないが、我が国の実態を表すには十分なデータであったかもしれない。

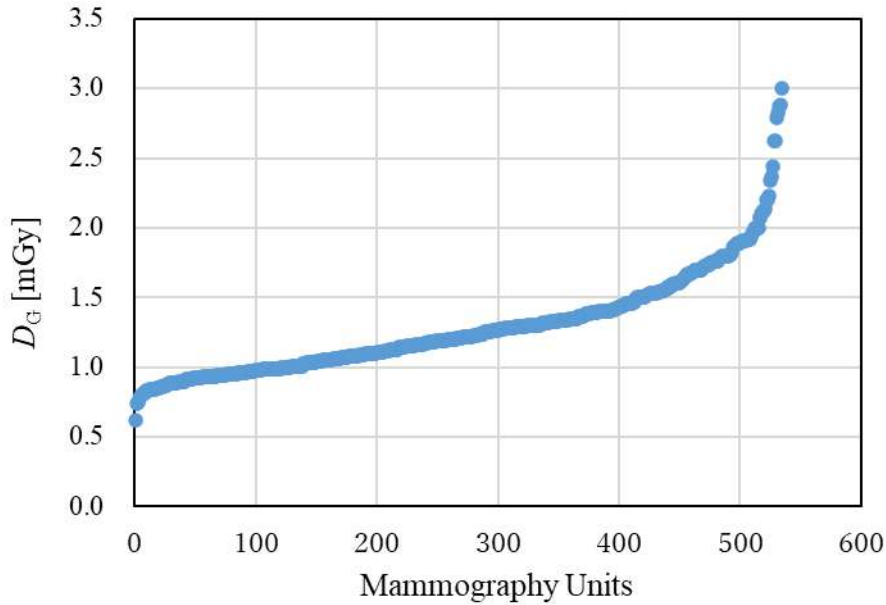


図 2 2D マンモグラフィの平均乳腺線量分布

有効データ数 534 台

75% 1.44 mGy 参考値 DRLs 2020 : 1.43 mGy (52 台)

50% 1.21 mGy 参考値 DRLs 2020 : 1.22 mGy (52 台)

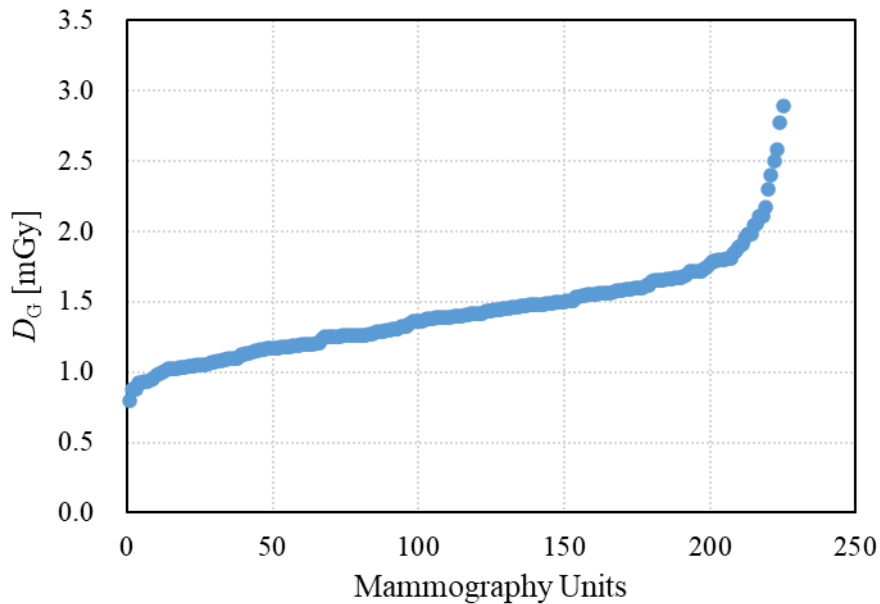


図 3 Digital Breast Tomosynthesis の平均乳腺線量分布

有効データ数 225 台

75% 1.58 mGy 参考値 DRLs 2020 : 1.53 mGy (24 台)

50% 1.40 mGy 参考値 DRLs 2020 : 1.43 mGy (24 台)

次に施設画像評価合格施設の PMMA 40 mm に対する平均乳腺線量分布を、図 4 に示す。これらの値からマンモグラフィの DRL 値は前回同様日本乳がん検診精度管理中央機構で行った施設画像評価のデータを用いていることから 95%値を用い、2.16 mGy とする。また、併記として 75%値 1.77 mGy、50%値 1.46 mGy とする。この値は DRLs 2020 と比較すると DRL 値は 2.4

mGy → 2.2 mGy へと低減傾向であった。更に 75%値も 2.05 mGy → 1.77 mGy、50%値も 1.80 mGy → 1.46 mGy と低減している。これは、使用しているモダリティが CR システム主体であった 2015 年の調査から、CR システムと FPD システムが混在していた DRLs 2020 の時と比較して図 1 に示すように FPD システムが主流となり、モニタ読影が進んだ影響が大きいと考えられた³⁾。

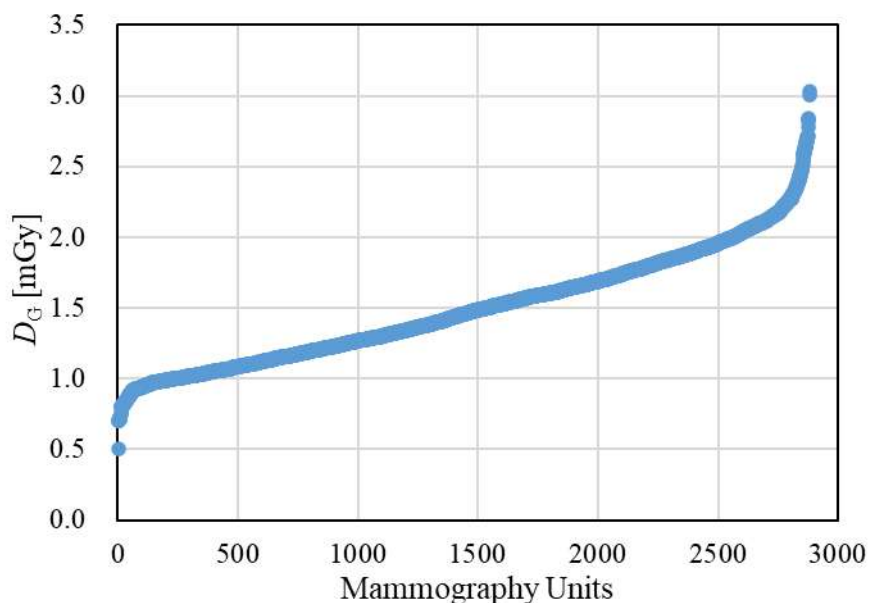


図 4 施設画像評価合格施設の平均乳腺線量分布

有効データ数 2,880 台

95% 2.16 mGy 参考値 DRLs 2020 : 2.4 mGy (2,777 台)

75% 1.77 mGy 参考値 DRLs 2020 : 2.05 mGy (2,777 台)

50% 1.46 mGy 参考値 DRLs 2020 : 1.80 mGy (2,777 台)

更にシステムごとの特徴を検討すると

- ・ S/F システム 2 台の平均値は参考値として 1.52 mGy であった。
- ・ FPD システムの平均値は 1.43 ± 0.372 mGy であった。
- ・ CR システムの平均値は 1.93 ± 0.337 mGy であった。

前回の調査で示唆したように DQE の高い FPD システムを使用したデジタルマンモグラフィの普及や、モニタを使用したソフトコピー診断の普及などにより平均乳腺線量の低減も進んでいた。

3. DRL 運用に関しての注意など

臨床データに基づく平均乳腺線量はすべて FPD システムから得られた値である。現在臨床で使用されているマンモグラフィシステムのうち 80%以上は FPD システムを使用していることが推測されることから今後は FPD を中心としたデータ管理が行われていくと思われるが、各施設において DRL 値の運用と比較検討していただければ幸いである。この際、各施設における 50%値で比較を行っていただくことが望ましい。次に、従来と同じ PMMA 40 mm における平均乳腺線量の DRL 値は DRLs 2015、DRLs 2020 時より 10%程低減していた。これは臨床現場

で活躍されている皆様の努力とデジタル化によるディテクタの高感度化によるものと推測される。その他の検討結果からわかるようにモダリティ間での差は有しているが、受診者にとっては装置を選べない為、統一した知見としてとらえていただくことが良いと考える。

4. その他

今後、さらにデジタル技術の進化に伴い、AI 技術などを応用した新たな技術開発に伴い、画像ノイズ低減による画質向上とともに医療被ばくの低減や DBT の画像再構成などさまざまな検討が必要であるとともに、低い線量での撮影による画質への影響も加味した Diagnostic Reference Ranges について検討していく必要があると考える⁴⁾。

5. 参考資料

- 1) Data Book 図表で見る画像医療システム産業 2024, 一般社団法人日本画像医療システム工業会、2024 年 4 月 11 日発行。
- 2) 日本の診断参考レベル (2020 年版), 医療被ばく研究情報ネットワーク (J-RIME), 2020.
- 3) 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), 2015.
- 4) Goske MJ, 2013. Diagnostic Reference Ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology 268 (1), 208-218.

モダリティ 口内法 X線撮影

報告者 ○三島 章、大高 祐聖、井澤 真希、芝 規良、川波 哲、赤羽 正章、
後藤 賢一、遠藤 敦、佐藤 健児、原田 康雄、西川 慶一、河合 泰輔

報告日 2025年2月28日

1. DRL の数値

ICRP Publication 135 (2017)¹⁾ は、口内法 X線撮影の適切な DRL 量として入射空気カーマ (incident air kerma; IAK, $K_{a,i}$) を勧告している。この勧告に従い、DRLs 2025 では前回同様に $K_{a,i}$ を用いて口内法 X線撮影の DRL を設定した (表 1)。標準的な体格の成人と 10 歳小児について、上顎と下顎それぞれの前歯部、犬歯部、小白歯部、大白歯部に対する二等分法もしくは平行法による標準的な口内法 X線撮影を対象とし、咬翼法や咬合法等の他の口内法 X線撮影は含めなかった。

2. 上記数値の根拠

2.1. 調査 (時期、対象、方法)

2024 年 4 月～5 月に、全国の大学歯学部・歯科大学の附属病院 29 施設および附属クリニック 1 施設の計 30 施設を対象として、口内法 X線撮影に関する調査を行った。本調査では、各施設で最も使用頻度が高い口内法 X線装置と常用の受像器の情報 (名称、製造会社、型式、X線装置の製造番号、設置年月) と、標準的な体格の成人および 10 歳小児の上顎と下顎それぞれ

表 1 口内法 X線撮影の DRL 値

撮影部位	入射空気カーマ $K_{a,i}$ [mGy] ^{a)}	
	成人 ^{b)}	小児 ^{c)}
上 顎		
前歯部	1.1	0.8
犬歯部	1.2	0.8
小白歯部	1.3	1.0
大白歯部	1.9	1.2
下 顎		
前歯部	0.9	0.6
犬歯部	1.0	0.7
小白歯部	1.1	0.8
大白歯部	1.3	1.0

^{a)} 後方散乱を含まないコーン先端での空中空気カーマ

^{b)} 標準的な体格の成人患者

^{c)} 10 歳小児患者

れの前歯部、犬歯部、小白歯部、大白歯部の計8か所の撮影部位に対する撮影条件（管電圧、管電流、照射時間、総ろ過）についてアンケートを行った。また、線量情報が表示される装置や附属文書に掲載されている装置はその情報を、線量を測定している施設は実測値の回答も求めた。その後、すべての施設に半導体式線量計 ThinX RAD (Unfors RaySafe, Hovås, Sweden) を送付して、上記8か所の撮影部位についての線量測定を実施した。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

測定および評価された $K_{a,i}$ は、包含係数 $k=2$ の拡張不確かさ（約95%の信頼水準）が2%と見積もられた。表2、3に示す標準的な体格の成人および10歳小児の各撮影部位の $K_{a,i}$ 線量分布の第3四分位数を小数点以下1桁に丸めた値を表1に示すDRLとした。なお、 $K_{a,i}$ は、入射表面空気カーマ（entrance surface air kerma; ESAK, $K_{a,e}$ ）と異なり、後方散乱を含まない^{1,2,3)}。

2.3. 結果と考察（DRL設定の根拠、limitation）

本調査での口内法X線撮影における空気カーマ率、管電圧、半価層、照射時間の範囲は、それぞれ2.0~13.6 mGy/s、56.0~74.5 kV、1.5~2.8 mmAl、0.03~0.34 sであり、これまでの調査と大きな変化はなかった。管電圧はこれまでの調査同様60 kVと70 kV付近に二極化し、半価層は 2.1 ± 0.3 mmAl と変化の幅が狭かった。ほとんどの口内法X線装置はコーン先端での照射野サイズが直径60 mmであり、矩形照射野は使用されていなかった。

受像器は、30施設のうち29施設（97%）がデジタルシステムを使用しており、ノンスクリーンタイプのフィルムを使用していたのは1施設のみであった（前回調査では29施設中4施設で13.8%）。デジタルシステムを使用している施設はすべてIP（imaging plate）を用いるCR（computed radiography）システムを使用しており、CCD/CMOS（charge-coupled device/complementary metal oxide semiconductor）システムを使用している施設はなかった。ノンスクリーンタイプフィルムにはE/F感度を使用していた。

表2、3の成人および10歳小児における撮影部位ごとの線量分布が示すように、上下顎とも $K_{a,i}$ の第3四分位数、中央値、平均値のすべてにおいて、成人が10歳小児を上回り、高い値の順に大白歯部、小白歯部、犬歯部、前歯部であった。 $K_{a,i}$ の最大値/最小値の比は、成人の下顎犬歯部、小白歯部で2.7と最も小さく、10歳小児の下顎前歯部で14.4と最も大きかった。このことは、同一部位の撮影に使われている線量が施設によって約3倍~14倍異なることを意味する。

本調査結果の前回調査に対する第3四分位数の比を表4に示す。成人では、最も変化が大きかったのは上顎小白歯部で約20%の減少、最も変化が小さかったのは下顎犬歯部で約3%の減少がみられた。10歳小児では、最も変化が大きかったのは上顎前歯部で約17%の減少、最も変化が小さかったのは上顎犬歯部で2%の増加がみられた。

JIS T60601-2-65により、2018年10月以降に製造された口内法X線装置は空気カーマの推定値を装置に表示するか、附属文書に記載しなければならない。

これらの装置では、表示される、あるいは附属文書に記載されている線量と実際の線量を比較することが品質保証/品質管理（QA/QC）の重要な一部となる。

本調査の対象であった口内法X線装置30台のうち、線量が表示される装置あるいは附属文書に線量情報が掲載されている装置は9台であった（2018年9月以前に製造された装置3台を

含む)。これらの X 線装置における線量表示値、附属文書掲載値と実測値との差は-16.0～15.7%であった。

表 2 成人における口内法 X 線撮影の入射空気カーマ $K_{a,i}$ [mGy]

撮影部位	最小値	最大値	中央値	平均値 (SD)	第 3 四分位数
上顎					
前歯部	0.55	1.76	0.76	0.90 (0.31)	1.09
犬歯部	0.58	1.76	0.98	1.07 (0.30)	1.21
小白歯部	0.71	2.06	1.04	1.12 (0.33)	1.27
大白歯部	0.85	2.58	1.43	1.51 (0.47)	1.85
下顎					
前歯部	0.41	1.37	0.60	0.73 (0.24)	0.92
犬歯部	0.51	1.37	0.76	0.83 (0.25)	1.02
小白歯部	0.51	1.37	0.81	0.90 (0.24)	1.09
大白歯部	0.71	2.06	1.04	1.14 (0.33)	1.29

表 3 10 歳小児における口内法 X 線撮影の入射空気カーマ $K_{a,i}$ [mGy]

撮影部位	最小値	最大値	中央値	平均値 (SD)	第 3 四分位数
上顎					
前歯部	0.18	1.37	0.57	0.65 (0.28)	0.76
犬歯部	0.36	1.37	0.71	0.76 (0.28)	0.78
小白歯部	0.41	1.42	0.77	0.83 (0.29)	0.98
大白歯部	0.45	1.95	0.92	1.01 (0.38)	1.22
下顎					
前歯部	0.07	1.02	0.48	0.52 (0.21)	0.62
犬歯部	0.14	1.11	0.57	0.60 (0.23)	0.71
小白歯部	0.22	1.21	0.63	0.66 (0.24)	0.78
大白歯部	0.34	1.42	0.77	0.82 (0.28)	0.95

表4 本調査における口内法 X 線撮影の入射空気カーマ $K_{a,i}$ [mGy] の第 3 四分位数の
前回調査 (2018 年) に対する比

撮影部位	成人	10 歳小児
上顎		
前歯部	0.965	0.835
犬歯部	0.968	0.839
小白歯部	0.804	0.961
大白歯部	0.939	1.017
下顎		
前歯部	0.902	0.838
犬歯部	0.971	0.845
小白歯部	0.965	0.857
大白歯部	0.860	0.913

3. DRL 運用に関する注意など

定期的に更新される DRL 値と自施設の撮影線量とを比較し、画質、診断情報を考慮した上で自施設の撮影線量を見直す必要がある。本調査では、すべての施設で口内法 X 線装置の線量測定を行ったが、照射時間の变化と線量の変化とが比例していない装置、X 線出力の再現性が低い装置も散見された。また、本調査の対象であった口内法 X 線装置 30 台のうち 9 台は、撮影線量が装置に表示されるか附属文書に掲載されている装置であったが、実測値と線量表示値あるいは附属文書に掲載値とに -16.0~15.7% の差が認められた。さらに、口内法 X 線装置は一般に 10 年以上使用されることが多い上に、デジタルシステムを利用している施設が多く、X 線出力の変化を把握しづらい。これらのことから、線量が表示される、または附属文書に線量情報が掲載されている装置であっても、校正された線量計による定期的な線量測定が望ましいと考えられた。定期的な線量測定は口内法 X 線装置の X 線出力の変化を確認でき、QA/QC の重要な一部となる。

歯科の診療施設のほとんどは歯科診療所であり、これらの施設の歯科医師は放射線を専門としておらず、また診療放射線技師が従事している施設はほとんどない。すなわち、線量計を所有している施設、自施設の撮影線量を把握している施設は限られていると考えられる。これらの施設でも、線量計を所有している大学歯学部・歯科大学附属病院や装置メーカー等の協力を得ることで、自施設の撮影線量を測定し、画質、診断情報を考慮した上で撮影線量を見直すことが可能になる。しかし、この対応策の実現にはかなりの困難が伴う。現実的には、JIS の改定に伴って、今後は撮影線量が表示される装置や附属文書に線量情報を掲載する装置が確実に増加するため、その線量情報と DRL 値とを比較して撮影線量の見直しを行うことが当面の最良の方法と考えられる。確かに、最大で ±16% 程度の不確かさを含むことになるが、歯科診療所での最適化の取り組みの第一歩になり、口内法 X 線撮影の最適化の促進が期待できる。

4. その他

英国では、2019年にPHE (Public Health England) が成人および小児における下顎大白歯部の撮影について、それぞれPED ($K_{a,i}$) で1.2 mGyおよび0.7 mGyを勧告した^{4, 5)}。

インドのタミル・ナードゥ州で2018~2019年に行われた口内法X線装置131台の線量調査⁶⁾では、デジタルシステム (CCD/CMOS) を使用する64台での $K_{a,i}$ の第3四分位数が成人上顎前歯部、小白歯部、大白歯部で、それぞれ0.9、1.2、1.6 mGy、成人下顎ではそれぞれ0.7、0.9、1.0 mGyであった。

また、ボスニア・ヘルツェゴビナで2018年に行われた線量調査では、デジタルシステムを使用する20施設 (CR:2、DR:18) の前歯部、小白歯部、大白歯部の $K_{a,i}$ の第3四分位数が上顎では0.66、0.91、1.2 mGy、下顎では0.56、0.99、1.2 mGyであった⁷⁾。

さらに、2024年に報告されたアブダビ (UAE) での口内法X線撮影のローカルDRLは、成人上顎前歯部、下顎大白歯部の $K_{a,i}$ の第3四分位数が0.714、0.837 mGyであった⁸⁾。

これらのDRL値のほとんどは、今回の調査で設定された値より低い。DRL値は、標準体格や医療技術の水準が異なることから、国や地域ごとに設定されるが、これらの国や地域と日本の標準体格、医療技術の水準が大幅に異なるとは考えにくい。したがって、口内法X線撮影については更なる最適化が必要と考えられた。

5. 参考資料

- 1) ICRP Publication 135. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. Annals of the ICRP 46 (1), 2017.
- 2) Napier ID. Reference doses for dental radiography. Brit Dent J. 1999; 186: 392-396.
- 3) Gulson AD, Knapp TA, Ramsden PG. Doses to Patients Arising from Dental X-ray Examinations in the UK, 2002-2004: A Review of Dental X-ray Protection Service Data. HPA-RPD-022, 2007.
- 4) PHE. Dose to patients from dental radiographic X-rays imaging procedures in the UK-2017 review. PHE-CRCE-51, 2019.
- 5) PHE. National Diagnostic Reference Levels (NDRLs), 2018. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl>. Accessed 15 January 2020.
- 6) Jose A., Kumar S., Govindarajan K.N., Manimaran P. Assessment of adult diagnostic reference levels in intraoral radiography in Tamil Nadu region, India. Radiation protection dosimetry. 189: 452-457. 2020.
- 7) Praskalo J., Beganovic A., Milanovic J., Stankovic k. Intraoral dental X-ray radiography in Bosnia and Herzegovina: Study for revising DRL value. Radiation protection dosimetry. 190: 90-99. 2020.
- 8) AlShamsi W., Othman S. A., Alkaabi F. Local diagnostic reference level for intraoral and panoramic X-ray examinations government dental centers in Abu Dhabi. Journal of propulsion technology. 45 (3) : 344-351. 2024.

謝 辞

口内法X線撮影の診断参考レベル（DRL）を更新するための調査および線量測定にご協力を頂いた歯学部を有する大学病院と附属クリニック30施設の関係者の方々に深謝いたします。

モダリティ パノラマ X 線撮影

報告者 ○大高 祐聖、井澤 真希、芝 規良、三島 章、川波 哲、赤羽 正章、
後藤 賢一、遠藤 敦、佐藤 健児、原田 康雄、西川 慶一、河合 泰輔

報告日 2025 年 2 月 28 日

1. DRL の数値

ICRP Publication 135 (2017)¹⁾は、パノラマ X 線撮影の適切な DRL 量として、いわゆる面積線量すなわち面積空気カーマ積 (air kerma-area product; P_{KA})、およびビームの平均入射空気カーマ (平均 $K_{a,i}$) とビーム幅の積である線量幅積 (dose-width product; DWP) を勧告している。この勧告に従い、 P_{KA} および DWP を用いて、標準的な体格の成人男性に対するパノラマ X 線撮影の DRL 値を以下のように定めた (表 1)。

2. 上記数値の根拠

2.1. 調査 (時期、対象、方法)

2024 年 4 月～2024 年 5 月に、全国の 29 大学歯学部・歯科大学の附属病院 29 施設および附属クリニック 1 施設の計 30 施設を対象として、パノラマ X 線撮影についての調査を行った。調査では、各施設で最も使用頻度の高いパノラマ X 線撮影装置の仕様と常用の受像器、ならびに標準的な体格の成人男性に対する撮影条件についてのアンケートを行った。アンケートの項目は大きく 2 部に分かれており、第 1 部の項目は、現在主に使用しているパノラマ X 線撮影装置と標準的な体格の成人男性に対する撮影条件とし、1) 装置名 (製造会社、型式、製造番号、設置年月)、2) 標準的な体格の成人男性に対する撮影条件 (管電圧、管電流、照射時間、総濾過)、3) 受像器の種類と受像器面上での X 線ビームの高さについて回答させた。第 2 部の項目は、第 1 部のパノラマ X 線撮影装置の撮影条件での線量情報とし、4) 装置の表示値あるいは附属文書中の記載値 (両者を合わせて以下、公称値と呼ぶ)、5) 線量計による実測値について回答させた。DRLs 2020²⁾のための調査 (以下、前回調査と称す) 時と同一の装置で同一の撮影条件の場合には、前回調査時の数値をそのまま用いた。前回調査時と装置が異なる場合には、公称値を利用するか、以下の校正された線量計で実測した。

面積空気カーマ積 (P_{KA}) の測定には Accu-Dose+ と 10X6-60DAP (Radcal, California, USA) を用いた。受像器面上での線量幅積 (DWP) の測定には X2 Base Unit と X2 CT センサー (Unfors RaySafe, Hovås, Sweden /Fluke Biomedical, OH, USA) を用いた。受像器面上での X 線ビーム高さ (H) の測定には Gafchromic XR-QA3 放射線フィルム (Ashland, Kentucky, USA) を用いた。V 字型のナロービームが使用されている場合には、 $DWP=P_{KA}/H$ により求めた。

表 1 標準的な体格の成人男性に対するパノラマ X 線撮影の DRL 値

面積空気カーマ積 P_{KA} ^{a)} [mGy·cm ²]	130
線量幅積 DWP ^{b)} [mGy·mm]	91

^{a)}DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値 [mGy·cm²] と同義

^{b)}受像器面上での値

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

標準的な体格の成人男性に対するパノラマ X 線撮影の線量調査の結果を表 2 に示す。DRLs 2020 では、 P_{KA} および DWP の DRL 値は、それぞれの線量分布の第 3 四分位数を整数値に丸めた値とした。しかし、測定値の有効数字が 2 桁程度であることを考慮して、今回から第 3 四分位数の上から 3 桁目の数を四捨五入した値として表すことにした。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

今回の調査では、30 施設のすべてでデジタルシステムが使用されており、CR (computed radiography) : 13 施設、FPD (flat panel detector) : 7 施設、CCD (charge coupled device) : 6 施設、CMOS (complementary metal oxide semiconductor) : 2 施設、CdTe (cadmium telluride semiconductor) : 2 施設であった。前回調査では、最も患者線量が少なかった 4 施設は CR を使用しており、半数以上の施設 (17/30) が CR を使用していた。今回の調査では、最も患者線量が少ない施設は CMOS を使用しており、次に低線量順に CCD、FPD、CR を使用していた。今回の調査では、全体として P_{KA} および DWP とともに、どの種類の受像器の使用が低線量あるいは高線量になるといった特定の傾向は認められなかった。これらの結果がパノラマ X 線撮影に特有の現象なのか、あるいは患者線量に対する最適化が不十分なことに起因するのか現在のところ明らかではない。

標準的な体格の成人男性に対するパノラマ X 線撮影の管電圧、管電流、照射時間、mAs 値の範囲は、それぞれ 63.0~80.0 kV、4.5~12.0 mA、7.4~17.0 s、40.5~170.0 mAs であり、総濾過はすべての装置で 2.5 mmAl 当量以上であった。また、受像器面での X 線ビームの高さは、127~159 mm、平均 144 (標準偏差 8.5) mm とすべて 2 標準偏差内であり、大きな違いは認められなかった。

前回調査と今回の調査結果の線量比較を表 3 に示す。第 3 四分位数を比較すると、 P_{KA} は 134 $mGy \cdot cm^2$ から 132 $mGy \cdot cm^2$ と 2% 減少し、DWP は 88.8 $mGy \cdot mm$ から 90.7 $mGy \cdot mm$ と 2% 増加していた。これらの線量から第 3 四分位数に基づく P_{KA} および DWP の DRL 値は 130 $mGy \cdot cm^2$ および 91 $mGy \cdot mm$ としたが、前回の値から有意な変化とは思われなかった。しかしながら線量の最小値と最大値の範囲は、前回の調査結果と比較すると多様な受像検出器の利用普及に起因するためか、広がっている傾向があった。

表 2 標準的な体格の成人男性に対するパノラマ X 線撮影の面積空気カーマ積 P_{KA} ^{a)} および線量幅積 DWP

	最小値	最大値	中央値	平均値 ±標準偏差	第 3 四分位数
P_{KA} [$mGy \cdot cm^2$]	48.0	251	105	119 ± 53.7	132
DWP ^{b)} [$mGy \cdot mm$]	32.4	179	73.0	83.2 ± 38.6	90.7

^{a)}DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値 [$mGy \cdot cm^2$] と同義

^{b)}受像器面上での値

表3 標準的な体格の成人男性患者に対するパノラマX線撮影の面積空気カーマ積 P_{KA} ^{a)} および線量幅積 DWP についての調査結果の比較

		2020年調査	2025年調査
P_{KA} [mGy·cm ²]	最大値	160	251
	最小値	64.4	48.0
	平均値	113	119
	中央値	109	105
	第3四分位数	134	132
DWP ^{b)} [mGy·mm]	最大値	115	179
	最小値	45.1	32.4
	平均値	77.7	83.2
	中央値	77.6	73.0
	第3四分位数	88.8	90.7
調査対象施設数		30	30

a) DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値 [mGy·cm²] と同義

b) 受像器面上での値

3. DRL 運用に関する注意など

特になし。

4. その他

英国は、1999年と2005年にパノラマX線撮影についての線量調査を行っている。2005年の調査結果に基づいて、線量の第3四分位数から成人患者に対するパノラマX線撮影のDRL値として、 P_{KA} は92 mGy·cm²、DWPは65 mGy·mmを勧告した³⁾。この英国の値は、今から約25年前と20年前の調査ではあるが、本調査の第3四分位数と比較してかなり低い。英国ではその後2019年に、新たな調査結果に基づいて、標準的な体格の成人患者に対するDRL値として P_{KA} は81 mGy·cm²を勧告した⁴⁾。日本と英国でパノラマX線撮影装置や受像器の技術的進歩に大きな相違があるとは考え難い⁵⁾。このため、日本では装置や受像器の技術進歩が患者線量の低減や患者防護の最適化に充分役立てられていないことが示唆され、引き続き防護の最適化に関する啓発が必要と考えられた。

5. 参考資料

- 1) ICRP, 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. Annals of the ICRP 46(1).
- 2) Japan DRLs 2020.
URL; https://j-rime.qst.go.jp/report/JapanDRL2020_jp.pdf.
- 3) Gulson AD, Knapp TA, Ramsden PG, 2007. Doses to Patients arising from Dental X ray Examinations in the UK, 2002 2004: A Review of Dental X ray Protection Service Data. HPA RPD 022.

- 4) PHE-CRCE-59: Dose to patients from dental radiographic X-rays imaging procedures in the UK. 2017 review. PHE CRCE 59.
- 5) Holroyd JR, 2012. The Measurement of X-Ray Beam Size from Dental Panoramic Radiography Equipment. PHE-CRCE-32.

謝 辞

パノラマX線撮影の診断参考レベル（DRL）を更新するための調査および線量測定にご協力を頂いた歯学部を有する大学病院と附属クリニック30施設の関係者の方々に深謝いたします。

1. DRL の数値

診断参考レベル (DRL) に関する ICRP Publ. 135¹⁾は、DRL 量 (DRL quantity) として歯科用コーンビーム CT (CBCT) については面積空気カーマ積 (air kerma-area product, P_{KA})、患者入射基準点における空気カーマ (air kerma at the patient entrance reference point, $K_{a,r}$)、CTDI および DLP としている。今回も、DRLs 2020²⁾と同様に、標準的な体格の成人男性を対象に、大中小の3つの撮影視野 (field of view, FOV) すなわち面積が 40 cm²未満、40~100 cm²、100 cm²超の区分ごとに P_{KA} 、および $K_{a,r}$ に相当する装置の回転中心におけるビーム軸の空気カーマ (air kerma at the iso-center of a dental CBCT unit; $K_{i,so}$) に対して、以下の DRL 値を定めた (表 1)。

2. 上記数値の根拠

2.1. 調査 (時期、対象、方法)

2024年4月~2024年5月に、全国の大学歯学部・歯科大学の附属病院29施設および附属クリニック1施設の計30施設を対象として、使用している歯科用CBCT装置についてアンケートを行った。装置に関するアンケートの項目は大きく2部分に分かれており、第1部の項目は、現在使用している歯科用CBCT装置の装置名 (製造会社または販社、型式、製造番号、設置年月) とした。第2部の項目は、標準的な体格の成人男性に対する撮影条件 [検査部位および検査目的、管電圧、管電流、X線の照射方式 (連続照射またはパルス照射)、照射時間、スキャン時間、スキャン角度、画像の空間分解能に係るスキャンモード、自動管電流制御の使用の有無、FOVサイズ、ボクセルサイズ、その撮影条件での焦点-回転中心間距離、焦点-受像器間距離、線量に関する装置の表示値や附属文書の記載値、各施設における独自の測定値 (線量指標としては P_{KA} および $K_{i,so}$)] とした。回答数は、30機種 115種類の撮影条件であった。DRLs 2020の調査時と同一装置の撮影条件の場合には、前回調査時の数値を利用した。前回調査時と装置が異なる場合には、線量に関する公称値を利用するか、以下の校正された測定機器にて測定した。

P_{KA} の測定には Accu-Dose+ と 10X6-60DAP (ともに Radcal 社) を用いた。 $K_{i,so}$ は、受像器面上のビーム軸空気カーマ (K_d) の値を基に、焦点-受像器間距離 (FDD) と焦点-回転中心間距離 (FCD) を用いて、距離の逆2乗則により $K_{i,so} = K_d \cdot (FDD/FCD)^2$ として算出した。 K_d の測定には X2 Base Unit と X2 R/F センサー (ともに RaySafe/Fluke Biomedical 社) を用いた。

表1 標準的な体格の成人男性に対する FOV 面積^{a)}ごとの歯科用 CBCT の DRL 値

面積空気カーマ積 $P_{KA}^{b)}$ [mGy·cm ²]	FOV < 40 cm ²	720
	FOV 40~100 cm ²	1500
	FOV > 100 cm ²	2200
回転中心におけるビーム軸空気カーマ K_{iso} [mGy]	FOV < 40 cm ²	17
	FOV 40~100 cm ²	17
	FOV > 100 cm ²	17

^{a)}FOV 面積 = FOV の直径 × 高さ

^{b)}DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値[mGy·cm²]と同義

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

標準的な体格の成人男性に対する歯科用 CBCT の DRL 値は、大中小の FOV の面積区分のそれぞれについて、線量分布の第3四分位数（表2）の上から3桁目を四捨五入した値とした（表1）。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

今回の調査で標準的な体格の成人男性に対して使用されていた歯科用 CBCT の撮影条件の範囲は、管電圧 80~120 kV、管電流 3~10 mA、照射時間 6.7~35.8 s で、管電流と照射時間の積である mAs 値は 27~179 mAs の範囲であった。主に 360°（1回転）スキャンと 180°（半回転）スキャンが行われていた。両者の照射時間は約2倍異なるが、長い照射時間の 360° スキャンが多用されていた。スキャンモードは、大部分が標準モード（107/115）を利用しており、高分解能モードの利用は1割未満（8/115）であった。線量低減のための自動管電流制御は使用されていない。FOV サイズは、直径（Φ）が 40~230 mm、高さ（H）が 40~170 mm で、FOV 面積（Φ・H）は 16~391 cm² の範囲であった。

各 FOV 面積区分での成人男性に対する P_{KA} の第3四分位数について、今回の調査結果と前回の調査結果の差を百分率で表して比較すると、小 FOV に対しては今回の調査では 719 mGy·cm² で、前回の調査の 841 mGy·cm² とは -14.5% となった、中 FOV に対しては今回の調査では 1485 mGy·cm² で、前回の調査の 1670 mGy·cm² とは -11.1% であった。大 FOV に対しては今回の調査では 2160 mGy·cm² で、前回の調査の 1960 mGy·cm² とは +10.2% であった。小 FOV は別にして、差は ±10% 程度で線量低減されたとは言い難いと思われた。一方、 K_{iso} の第3四分位数を比較すると、小 FOV に対しては今回の調査では 16.7 mGy であり、前回の調査の 24.0 mGy との差は -30.4%、中 FOV に対しては今回の調査では 16.7 mGy·cm² であり、前回の調査の 29.0 mGy との差は -42.4%、大 FOV に対しては今回の調査では 16.7 mGy であり、前回の調査の 16.0 mGy との差は +4.38% と、小中 FOV では 10% を大きく超える差が認められたものの、大 FOV では ±10% 以内で有意な差は認められなかった。

3. DRL 運用に関する注意など

特になし。

表 2 標準的な体格の成人男性に対する歯科用 CBCT の FOV 面積^{a)}ごとの
面積空気カーマ積 P_{KA} ^{b)} と回転中心における空気カーマ K_{iso} N=サンプル数

小 FOV (<40 cm ²) N=48					
	最小値	最大値	中央値	平均値±標準偏差	第 3 四分位数
P_{KA} [mGy・cm ²]	125	1150	417	520±246	719
K_{iso} [mGy]	2.74	33.4	15.6	15.0±6.33	16.7
中 FOV (40~100 cm ²) N=37					
	最小値	最大値	中央値	平均値±標準偏差	第 3 四分位数
P_{KA} [mGy・cm ²]	168	2540	986	1137±536	1479
K_{iso} [mGy]	2.48	23.4	12.6	12.2±5.47	16.7
大 FOV (>100 cm ²) N=30					
	最小値	最大値	中央値	平均値±標準偏差	第 3 四分位数
P_{KA} [mGy・cm ²]	388	3570	1526	1696±891	2160
K_{iso} [mGy]	2.45	34.2	8.91	10.7±7.61	16.7
全 FOV (16~391 cm ²) N=115					
	最小値	最大値	中央値	平均値±標準偏差	第 3 四分位数
P_{KA} [mGy・cm ²]	125	3570	822	1026±740	1455
K_{iso} [mGy]	2.45	34.2	13.4	13.0±6.63	16.7

^{a)}FOV 面積=FOV の直径×高さ

^{b)}DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値[mGy・cm²]と同義

4. その他

英国で 2019 年に公表された歯科用 CBCT の線量調査結果³⁾では、標準的な成人患者の 1 本の
上顎大臼歯インプラント術前検査を対象とした P_{KA} の第 3 四分位数は 265 mGy・cm² で、暫定 DRL
(到達可能線量 achievable dose) は 250 mGy・cm² (回転中心で FOV=4×4 cm² の面積に正規
化した値) と提案された。また、12 歳小児の 1 本の埋伏犬歯の画像検査に対しては 169 mGy・
cm² と報告された。歯科用 CBCT の DRL は、英国ではこの報告値に基づいて設定された⁴⁾。これら
の英国の数値と本調査での標準的な体格の成人患者に対する小 FOV の P_{KA} を比較するため、そ
の P_{KA} 値を FOV 面積で除し、4×4 cm² の面積を乗じて正規化した。正規化した線量分布の値を
英国の値³⁾と比較して表 3 に示す。英国における上述の第 3 四分位数 265 mGy・cm² は本調査で
の小 FOV の正規化した値よりもかなり低く、第 1 四分位数 (25 パーセントイル) の 262 mGy・
cm² に相当する値である (表 3)。すなわち日本においては、小 FOV の P_{KA} ではほぼ 75% の撮影
条件が英国の第 3 四分位数を超えていた。同じ小 FOV の撮影でも、診断目的によって、例えば
歯内療法とインプラントの術前検査では求められる画像の解像度や雑音のレベルが異なると
思われるため、単純に線量比較をすべきではない。しかし、このことから本調査対象となっ
た多くの施設では、歯科の CBCT 検査の撮影条件が診断目的に見合った適正な条件に最適化さ
れているか見直してみる機会とすべきと思われた。

表3 成人患者に対する小FOVのCBCTによる正規化した線量分布の日英比較

(FOV 4×4 cm ² として正規化したP _{KA} [mGy·cm ²]の分布)					
パーセンタイル	5 th	25 th	50 th	75 th	95 th
英国 ³⁾	112	164	217	265	458
日本*	152	262	365	410	620

*正規化したP_{KA} [mGy·cm²]の最小値は125、最大値は798

5. 参考資料

- 1) ICRP, 2017. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 135. Annals of the ICRP 46(1).
- 2) Japan DRLs 2020. URL=https://j-rime.qst.go.jp/report/JapanDRL2020_jp.pdf.
- 3) PHE, 2019. Dose to patients from dental radiographic X-rays imaging procedures in the UK. 2017 review. PHE-CRCE-59.
- 4) UK Guidance, National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 19 August 2019, Updated 19 August 2019.
- 5) <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl>

謝 辞

歯科用コーンビームCTの診断参考レベル (DRL) を更新するための調査および線量測定にご協力を頂いた歯学部を有する大学病院と附属クリニック30施設の関係者の方々に深謝いたします。

モダリティ 血管撮影・IVR

報告者 ○坂本 肇、赤羽 正章、荒井 一正、石橋 徹、恵谷 玲央、
加藤 守、川内 覚、川浪 亮太、柴田 英介、田上 秀一、平川 雅和、
松井 裕輔、宮崎 仁志、盛武 敬、横山 須美

報告日 2025年3月19日

1. DRL の数値

頭部/頸部領域、心臓領域、胸腹部領域、四肢領域での各疾患の DRL 値は装置表示の患者照射基準点における空気カーマ $K_{a,r}$ [mGy] と面積空気カーマ積 P_{KA} [Gy·cm²] にて示す。

表 1 頭部/頸部領域の DRL 値

		DRL 値	
		$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
頭部/頸部 領域	診断血管撮影 (術前)	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	嚢状動脈瘤	470	82
	脳動静脈奇形	680	120
	脳硬膜動静脈瘻	840	170
	頸部頸動脈狭窄/閉塞	390	81
	急性脳動脈狭窄/閉塞	490	96
	頭蓋内腫瘍	530	110
	診断血管撮影 (術後)	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	嚢状動脈瘤	410	56
	脳動静脈奇形	450	82
	脳硬膜動静脈瘻	610	120
	頸部頸動脈狭窄/閉塞	330	64
	急性脳動脈狭窄/閉塞	450	73
	頭蓋内腫瘍	560	100
	血管内治療 (IVR)	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	嚢状動脈瘤	2400	190
	脳動静脈奇形	3700	330
	脳硬膜動静脈瘻	4300	450
	頸部頸動脈狭窄・閉塞	700	130
急性脳動脈狭窄・閉塞	1000	160	
頭蓋内腫瘍	1900	230	

表2 成人心臓領域の DRL 値

		DRL 値	
		$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
心臓領域	診断カテーテル検査	520	47
	非 CTO PCI	1300	100
	CTO PCI	2500	200
成人	非 PVI RFCA	200	27
	PVI RFCA	260	38
	TAVI (経大腿アプローチ)	530	78

PCI : Percutaneous Coronary Intervention

CTO : Chronic Total Occlusion

RFCA : Radiofrequency Catheter Ablation

PVI : Pulmonary Vein Isolation

TAVI : Transcatheter Aortic Valve Implantation

表3 小児心臓領域の DRL 値 (年齢幅区分)

		DRL 値	
		$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
心臓領域	診断カテーテル検査	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	<1 year	64	4
	1 ~<5 years	83	6
	5 ~<10 years	93	11
	10 ~<15 years	220	29
小児	IVR	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	<1 year	100	7
	1 ~<5 years	130	11
	5 ~<10 years	160	16
	10 ~<15 years	190	24

表4 小児心臓領域の DRL 値 (体重幅区分)

		DRL 値	
心臓領域	診断カテーテル検査	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	<5 kg	47	3
	5 ~< 15 kg	69	6
	15 ~< 30 kg	100	12
	> 30 kg	230	33
小児	IVR	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	<5 kg	67	4
	5 ~< 15 kg	120	9
	15 ~< 30 kg	140	16
	> 30 kg	190	27

表5 胸腹部領域 IVR の DRL 値

		DRL 値	
胸腹部領域 治療		$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	TACE	1200	220
	TEVAR	630	170
	EVAR	910	200
	UAE 子宮筋腫	710	150
	PAVM simple type	870	150
	BRT0 左腎静脈経由	1100	230

TACE : Transcatheter Arterial Chemoembolization

TEVAR : Thoracic Endovascular Aortic Repair

EVAR : Endovascular Aortic Repair

UAE : Uterine Artery Embolization

PAVM : Pulmonary Arteriovenous Malformations

BRT0 : Balloon occluded Retrograde Transvenous Obliteration

表6 下肢領域 EVT の DRL 値

		DRL 値	
下肢領域 治療		$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]
	非 CTO 腸骨動脈	360	69
	CTO 腸骨動脈	740	120
	非 CTO 浅大腿動脈	160	36
	CTO 浅大腿動脈	310	54

EVT : Endovascular Therapy

CTO : Chronic Total Occlusion

2. 上記数値の根拠

血管撮影・IVR (interventional radiology) 領域では手技の高度化・複雑化に伴い、透視時間が長く撮影回数も増え、医療被ばくの最適化が求められている。また、循環器用 X 線透視診断装置では、医療法施行規則の一部改正により医療放射線に係わる安全管理のため線量管理と線量記録の実施が義務化された¹⁾。これに伴い、線量管理のための線量指標として診断参考レベル (Diagnostic Reference Level : DRL) の活用が重要になっている¹⁾。臨床現場において線量管理を行う場合、容易に取得できる線量として装置に表示される線量が用いられ、IEC 60601-2-43, ed. 2.0²⁾ や JIS Z 4751-2-54 「撮影・透視用 X 線装置-基礎安全及び基本性能」³⁾ で線量表示値の精度が±35%と規定されている。このため、DRLs2025 での血管撮影・IVR 領域における DRL 量は、DRLs2020 を引継ぎ装置表示線量となる患者照射基準点における空気カーマ (air kerma at the patient entrance reference point) $K_{a,r}$ [mGy] と面積空気カーマ積 (air kerma area product) P_{KA} [$Gy \cdot cm^2$] とした。

2.1. 調査 (時期、対象、方法)

複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査である「診断参考レベル改定へ向けた線量調査」を 2024 年 9 月 1 日付けて全国 6,973 施設宛に郵送し、2024 年 10 月 1 日から 10 月 30 日の回答期間中に 465 件の有効回答を得た。

調査の対象は後ろ向きにデータを収集し、各施設における各疾患について施行された直近 30 症例での臨床時に装置へ表示された患者照射基準点における空気カーマ値 $K_{a,r}$ [mGy] と面積空気カーマ積 P_{KA} [$Gy \cdot cm^2$] の中央値を調査対象とした。なお、1 年間で 30 症例に達しない疾患の場合には、1 年間に施行した症例の中央値を調査対象とした。

調査した各施設の中央値が明らかに不適切なデータはデータクレンジングを行い、データの 75 パーセンタイル値を有効数字 2 桁で丸めた値を DRL 値とした。

DRLs2025 での調査対象は、頭部/頸部領域では DRLs2020 と同様に主要な 6 疾患群の診断血管撮影における術前と術後、血管内治療 (IVR)、成人心臓領域では診断カテーテル検査、CTO PCI、非 CTO PCI、PVI RFCA、非 PVI RFCA に加え TAVI (経大腿アプローチ)、胸腹部領域では TACE、TEVAR、EVAR に加え子宮筋腫の UAE、simple type の PAVM、左腎静脈経由の BRT0、新たに追加された下肢領域では腸骨動脈の CTO と非 CTO、浅大腿動脈の CTO と非 CTO である。

なお、装置の出力線量であるアクリル (PMMA) 20 cm を用いた患者照射基準点位置で測定される入射表面線量率 [mGy/min] は DRLs2015 と DRLs2020 では DRL 量として設定されていたが、DRLs2025 においてアンケート調査は行っているが DRL 量ではなく参考値として扱うことが決定した。

2.2. 線量評価 (単位、標準ファントム、標準体格)

臨床において、全ての施設にて簡便に取得でき、装置で規格化されているため統一的な基準により使用可能である、装置表示線量の患者照射基準点における空気カーマ $K_{a,r}$ [mGy] と面積空気カーマ積 P_{KA} [$Gy \cdot cm^2$] を DRL 量⁴⁾ として DRLs2020 に引き続き採用した。

患者体型等については、小児心臓領域のみ年齢と体重による区分を設定した。小児領域では、DRLs2020 での調査において、年齢区分を設けず全体の 75 パーセンタイル値と年齢区分

別の 75 パーセンタイル値では大きな違いがあったことから、DRLs2025 においても引き続き年齢幅区分を 1 歳未満、1~5 歳未満、5~10 歳未満、10~15 歳未満の 4 区分を設定した。また、心疾患を有する小児では年齢と成長に乖離が存在する可能性があるため、DRLs2025 では年齢幅区分に合わせ体重幅区分を設け、5 kg 未満、5~15 kg 未満、15~30 kg 未満、30 kg 以上の 4 区分を設定した。

成人の心臓領域、胸腹部領域において、DRLs2020 では患者体型を限定せずに調査を行ったが、回答対象者の心臓領域における平均身長は 161 cm 程度、平均体重は 62~63 kg 程度となり、胸腹部領域における患者平均身長は 160~162 cm 程度、平均体重は 59~61 kg 程度とほぼ同様な平均体型となったことから、DRLs2025 においても成人では体型を規定せずに調査を行った。

2.3. 結果と考察 (DRL 設定の根拠、limitation)

DRLs2025 では、DRLs2020 に引き続き装置表示線量の患者照射基準点における空気カーマ $K_{a,r}$ [mGy] と面積空気カーマ積 P_{KA} [Gy·cm²] を DRL 量とした。DRL 量は、どの施設においても簡便に取得が可能であり、施設間で比較が可能となるように統一的な基準に従った線量が望ましいことから装置表示線量が採用されている。また、血管撮影・IVR では、患者被ばく線量を左右する透視時間や撮影回数など術者の影響を大きく受けることから、手技中にリアルタイムで術者へ提示できる装置表示線量は患者被ばく線量の最適化を図る上でも有用になる。

今回の DRLs2025 での調査では、有効回答数が 465 件となり前回の DRLs2020 での調査に比較し全ての領域において回答施設数が増加し、DRL の活用が周知されていると考えられる。また、医療被ばくの適正管理に関する医療法施行規則の一部改定¹⁾により、循環器用 X 線透視診断装置では医療被ばくの線量管理と線量記録が義務化され、DRL を活用した線量管理が必須となったことによる医療被ばくの最適化が図られ、調査した殆どの項目で DRL 値が低下していたと考えられる。また、2020 年以降の本邦にて線量調査されている血管撮影・IVR 領域での実態においても線量の低減が報告されている^{5~8)}。

血管撮影・IVR 領域におけるアンケート調査での DRL 値決定における限界として、臨床的要件および技術的要件が複雑に関係し、DRL 量となる装置表示線量 ($K_{a,r}$ 、 P_{KA}) が大きく左右される点である⁴⁾。ここで、臨床的要件として患者ごとの解剖学的な違い (体型、血管走行、血管分枝、血管径、血管性状など)、治療病変の複雑性、IVR 手技の複雑性があり、技術的要件として装置の性能、術者の技術能力、診療放射線技師の技術的能力などがある。これらの要素が複雑に影響し医療被ばく線量が大きく変化するが、アンケートにて標準的な疾患や手技を統一的に調査することが困難であり、DRL 値の設定における限界となる。

以下に各領域での 25 パーセンタイル値 (25th)、50 パーセンタイル値 (Median)、75 パーセンタイル値 (DRL 値) と DRLs2020 での 75 パーセンタイル値 (DRL 値)、との比較、また、DRLs2020 での DRL 値に対する DRLs2025 での DRL 値の低減率 [%] を示したが、幾つかの項目では増加が認められたことから、「何%増加」と記載した。

なお、各図の線量値はアンケート結果の各パーセンタイル値を有効数字 2 桁で丸めた値を記載した。

【頭部/頸部領域】

頭部/頸部領域における対象疾患群については DRLs2020 に引き続き主要な 6 疾患群における術前、術後の診断血管撮影、血管内治療（IVR）に対してそれぞれ DRL 値を設定した。

診断血管撮影での術前の調査結果を表 7、術後の調査結果を表 8、血管内治療を表 9 に示す。アンケートの調査回答数は、日本脳神経血管内治療学会会員が所属する施設が対象であった DRLs2020 と比較し DRLs2025 では施設数が 3 倍以上となり、より幅広い施設状況を反映した DRL 値になっていると考えられる。

表 7 頭部/頸部領域の診断血管撮影（術前）

疾患名	調査 回答数	$K_{a,r}$ [mGy]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
嚢状動脈瘤	276	280	370	470	590	-20
脳動静脈奇形	246	310	450	680	770	-12
脳硬膜動静脈瘻	236	440	620	840	1100	-24
頸部頸動脈狭窄/閉塞	261	240	300	390	560	-30
急性脳動脈狭窄/閉塞	207	270	360	490	480	+2
頭蓋内腫瘍	227	260	390	530	720	-26
疾患名	調査 回答数	P_{KA} [Gy·cm ²]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
嚢状動脈瘤	276	47	63	82	89	-8
脳動静脈奇形	246	59	86	120	160	-25
脳硬膜動静脈瘻	236	81	115	170	190	-11
頸部頸動脈狭窄/閉塞	261	45	59	81	120	-33
急性脳動脈狭窄/閉塞	207	51	68	96	83	+16
頭蓋内腫瘍	227	50	73	110	140	-21

DRLs2025 での術前の診断血管撮影において、急性脳動脈狭窄/閉塞以外の疾患群では DRLs2020 の DRL 値より低下が確認され、医療被ばくの最適化に向けた取組みが行われていると考えられる。また、急性脳動脈狭窄/閉塞においては、 $K_{a,r}$ と P_{KA} とともに DRLs2020 より DRLs2025 の DRL 値が高い結果となっているが、これは急性脳動脈狭窄/閉塞のアンケート回答施設数が約 4 倍程度増えたことから、より多くの施設で治療への適応が広がり現状にあった DRL 値が設定できたと考えられる。

表 8 頭部/頸部領域の診断血管撮影（術後）

疾患名	調査 回答数	K _{a,r} [mGy]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
嚢状動脈瘤	248	220	300	410	510	-20
脳動静脈奇形	151	230	310	450	470	-4
脳硬膜動静脈瘻	136	270	440	610	820	-26
頸部頸動脈狭窄/閉塞	133	150	250	330	390	-15
急性脳動脈狭窄/閉塞	94	180	290	450	500	-10
頭蓋内腫瘍	47	220	320	560	(1000) *	—

疾患名	調査 回答数	P _{KA} [Gy・cm ²]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
嚢状動脈瘤	248	30	41	56	57	-2
脳動静脈奇形	151	41	58	82	77	+6
脳硬膜動静脈瘻	136	49	84	120	150	-20
頸部頸動脈狭窄/閉塞	133	28	44	64	72	-11
急性脳動脈狭窄/閉塞	94	33	50	73	83	-12
頭蓋内腫瘍	47	40	68	100	(77) *	—

(*：データ数僅少につき参考値)

DRLs2025 での術後の診断血管撮影においても、ほとんどの疾患群で術前と同様に DRLs2020 の DRL 値より低減されている。しかし、脳動静脈奇形に関しては、K_{a,r} で低下し P_{KA} にて上昇していることから、検査中の照射野範囲が広がっていることが考えられる。なお、頭蓋内腫瘍に関しては、DRLs2020 にて参考値であったことから低下率は算出していない。

表9 頭部/頸部領域の血管内治療 (IVR)

疾患名	調査 回答数	$K_{a,r}$ [Gy]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
嚢状動脈瘤	270	1300	1900	2400	3100	-23
脳動静脈奇形	160	1500	2400	3700	4100	-10
脳硬膜動静脈瘻	191	1800	2800	4300	4700	-9
頸部頸動脈狭窄/閉塞	266	360	500	700	820	-15
急性脳動脈狭窄/閉塞	258	530	720	1000	1400	-29
頭蓋内腫瘍	194	940	1400	1900	2500	-24

疾患名	調査 回答数	P_{KA} [Gy·cm ²]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
嚢状動脈瘤	270	120	150	190	210	-10
脳動静脈奇形	160	150	220	330	410	-20
脳硬膜動静脈瘻	191	200	300	450	430	+5
頸部頸動脈狭窄/閉塞	266	66	92	130	150	-13
急性脳動脈狭窄/閉塞	258	85	130	160	230	-30
頭蓋内腫瘍	194	130	170	230	320	-28

頭部/頸部領域の血管内治療 (IVR) においても、DRLs2020 と比較し DRLs2025 での DRL 値は低下していた。特に、嚢状動脈瘤、急性脳動脈狭窄/閉塞、頭蓋内腫瘍での疾患群において低下率が高い結果となった。

【成人心臓領域】

成人心臓領域において、DRLs2025では経大腿アプローチのTAVIが追加の手技となった。また、DRLs2020に比較しDRLs2025でのDRL値は診断カテーテル検査、非CTO PCI、CTO PCIにおいて20～30%、非PVI RFCA、PVI RFCAにおいて50～60%程度の低減率が認められた。特に、RFCAでは心内心電図のマッピングを利用することによりX線透視時間が短縮され $K_{a,r}$ と P_{KA} ともに大幅な低減になったと考えられる。

表10 成人心臓領域の診断カテーテル検査と治療

手技名	調査 回答数	$K_{a,r}$ [mGy]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
診断カテーテル検査	383	290	400	520	700	-26
非CTO PCI	375	740	1000	1300	1800	-28
CTO PCI	322	1300	1800	2500	3900	-36
非PVI RFCA	245	57	120	200	560	-64
PVI RFCA	247	69	140	260	645	-60
TAVI (経大腿アプローチ)	112	282	370	530		—
手技名	調査 回答数	P_{KA} [Gy・cm ²]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
診断カテーテル検査	383	25	34	47	59	-20
非CTO PCI	375	58	76	100	130	-23
CTO PCI	322	100	140	200	280	-29
非PVI RFCA	245	8	17	27	57	-53
PVI RFCA	247	9	21	38	89	-57
TAVI (経大腿アプローチ)	112	40	57	78		—

【小児心臓領域】

小児心臓領域では、DRLs2020にて診断カテーテルと治療において年齢幅区分にてDRL値を設定していたが、DRLs2025では年齢幅区分に加え体重幅区分を追加した。患者体型は手技時の透視・撮影線量に影響を与え、医療被ばくを大きく左右することから体重幅区分でのDRL値を設定した。

なお、DRLs2025調査時のアンケートでは他の領域に比べ回答数が少なく、この傾向はDRLs2020調査時も同様であった。小児領域での心臓カテーテル検査・治療を行う施設数が他の領域に比較し少ない現状ではあるが、回答施設数を増やす検討が必要であると考えられる。

表11 小児心臓領域の診断カテーテル検査と治療での年齢幅区分

	調査 回答数	$K_{a,r}$ [mGy]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
診断カテーテル検査						
<1 year	64	27	40	64	100	-36
1 ~<5 years	67	30	44	83	130	-36
5 ~<10 years	64	40	65	93	190	-51
10 ~<15 years	62	78	120	220	350	-37
IVR						
<1 year	51	34	55	100	150	-33
1 ~<5 years	50	45	77	130	210	-38
5 ~<10 years	44	52	85	160	210	-24
10 ~<15 years	50	63	120	190	500	-62
	調査 回答数	P_{KA} [Gy·cm ²]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
診断カテーテル検査						
<1 year	64	2	3	4	7	-43
1 ~<5 years	67	3	4	6	12	-50
5 ~<10 years	64	5	6	11	14	-21
10 ~<15 years	62	9	17	29	47	-38
IVR						
<1 year	44	2	3	7	6	+17
1 ~<5 years	50	4	6	11	16	-31
5 ~<10 years	44	5	8	16	16	0
10 ~<15 years	50	8	13	24	46	-48

小児心臓領域での診断カテーテル検査・IVRの年齢幅区分において、DRLs2025ではDRLs2020に比較し $K_{a,r}$ は大幅にDRL値が低減され、医療被ばくの最適化への取組みの成果であると考

えられる。一方、 P_{KA} でのIVRでは線量が増加や変化がなかった年齢幅があった。この原因として、1歳未満にて増加は $6 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ から $7 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$ へと僅かな変化であったこと、5~10歳においてはDRLs2020でのアンケート調査数が少なく1~5歳のDRL値を採用していたために低減されていないと考えられる。

表12 小児心臓領域の診断カテーテル検査と治療での体重幅区分

	調査 回答数	$K_{a,r} [\text{mGy}]$			
		DRLs2025			DRLs2020
		25th	Median	DRL 値	DRL 値
診断カテーテル検査					
<5 kg	48	16	28	47	-
5 ~< 15 kg	61	27	41	69	-
15 ~< 30 kg	57	39	71	100	-
> 30 kg	53	100	150	230	-
IVR					
<5 kg	36	23	34	67	-
5 ~< 15 kg	47	40	69	120	-
15 ~< 30 kg	45	41	85	140	-
> 30 kg	40	58	110	190	-
	調査 回答数	$P_{KA} [\text{Gy}\cdot\text{cm}^2]$			
		DRLs2025			DRLs2020
		25th	Median	DRL 値	DRL 値
診断カテーテル検査					
<5 kg	48	1	2	3	-
5 ~< 15 kg	61	2	4	6	-
15 ~< 30 kg	57	4	8	12	-
> 30 kg	53	14	22	33	-
IVR					
<5 kg	36	1	2	4	-
5 ~< 15 kg	47	4	5	9	-
15 ~< 30 kg	45	5	9	16	-
> 30 kg	40	9	14	27	-

小児心臓領域での診断カテーテル検査・IVRの体重幅区分のDRL値はDRLs2025より採用された。小児心臓疾患では、年齢に比較し体重が軽い患者が存在することから、医療被ばくの最適化に取り組む際には、年齢と体重を考慮したうえで各施設に合った区分のDRL値にて運用していただきたい。

【胸腹部領域】

胸腹部領域の DRLs2025 では、DRLs2020 での TACE、TEVAR、EVAR に加え、比較的手技件数の多い子宮筋腫の UAE、simple type の PAVM、左腎静脈経由の BRT0 の 3 つの手技が新たに設定された。DRLs2025 での TACE、TEVAR、EVAR の DRL 値は DRLs2020 の DRL 値に比較し、全ての手技にて線量が低減されていた。

表 1 3 胸腹部領域の IVR

手技名	調査 回答数	$K_{a,r}$ [mGy]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
TACE	315	520	770	1200	1400	-14
TEVAR	176	270	400	630	830	-24
EVAR	193	440	640	910	1000	-9
UAE 子宮筋腫	90	280	460	710	-	-
PAVM simple type	84	340	570	870	-	-
BRT0 左腎静脈経由	133	410	590	1100	-	-
手技名	調査 回答数	P_{KA} [Gy·cm ²]				DRL 値の 増減率[%]
		DRLs2025			DRLs2020	
		25th	Median	DRL 値	DRL 値	
TACE	315	88	140	220	270	-19
TEVAR	176	81	110	170	200	-15
EVAR	193	110	140	200	210	-5
UAE 子宮筋腫	90	72	110	150	-	-
PAVM simple type	84	59	93	150	-	-
BRT0 左腎静脈経由	133	79	120	230	-	-

【下肢領域】

下肢領域での EVT 症例が増加傾向にあることから、DRLs2025 では新たに EVT での腸骨動脈の CT0 と非 CT0、浅大腿動脈の CT0 と非 CT0 が追加された。腸骨動脈は浅大腿動脈の約 2 倍線量が高く、非 CT0 に比較し CT0 では約 2 倍線量が高くなっている。

表 1 4 下肢領域の EVT

手技名	調査 回答数	K _{a,r} [mGy]			
		DRLs2025			DRLs2020
		25th	Median	DRL value	DRL value
非 CT0 腸骨動脈	252	140	210	360	-
CT0 腸骨動脈	203	240	440	740	-
非 CT0 浅大腿動脈	257	60	100	160	-
CT0 浅大腿動脈	248	99	180	310	-
手技名	調査 回答数	P _{KA} [Gy・cm ²]			
		DRLs2025			DRLs2020
		25th	Median	DRL value	DRL value
非 CT0 腸骨動脈	252	28	44	69	-
CT0 腸骨動脈	203	46	76	120	-
非 CT0 浅大腿動脈	257	13	22	36	-
CT0 浅大腿動脈	248	20	34	54	-

3. DRL 運用に関する注意など

DRLs2025 での DRL 量として臨床時の装置に表示される患者照射基準点における空気カーマ K_{a,r} [mGy]と面積空気カーマ積 P_{KA} [Gy・cm²]が DRLs2020 に引き続き採用され、DRL 値が決定された。血管撮影・IVR 領域において DRL を有効に活用するためには、PDCA サイクルを利用した医療被ばくの最適化が重要である。医療法施行規則の一部改定¹⁾により循環器用 X 線透視診断装置の使用時に義務化された線量記録を行い、記録に基づき DRL を活用した線量管理を以下の手順で実践する。

(Plan) 臨床での各領域における疾患に使用するプロトコル(透視/撮影条件)を決定する。

(Do) 血管撮影・IVR 時の線量記録により線量を把握する。

(Check) 各領域における疾患別・手技別に連続した 20~30 例、あるいは一定期間における装置毎の中央値と DRLs2025 での DRL 値とを比較する。

(Action) DRL 値と比較し線量が高い場合には、

- ① 装置のプロトコル見直し等の対応を行う。特に、装置のプロトコルを検討する際には基準透視線量率が DRLs2025 では参考値として設定されているので、自施設の装置出力線量を測定評価し、画質を考慮しながら線量を低減する方策を実施する。

② 診断、IVR での術者手技プロトコル・方法の評価、技術評価（能力評価）を行う⁴⁾。
 (Action) DRL 値と比較し線量が低い場合には、

① DRL 値が最適な線量ではないことから各領域での 50 パーセンタイル値 (Median) を参考に線量評価を行うことが有効である。

② DRL 値より極めて線量が低い 25 パーセンタイル値 (25th) 以下の場合には、術者と臨床時の画質について検討し、装置出力線量 (参考値) の引き上げを含んだ検討を行う。

なお、その他にて透視時の装置出力線量の基準となる基準透視線量率のアンケート結果について解説する。

4. その他

DRLs2015、DRLs2020 では循環器用 X 線透視診断装置の出力線量を一定の基準により実測定した線量を DRL 量 ($K_{a,e}$) として DRL 値を設定したが、この線量は臨床時線量ではなくファントムを使用した線量であることから、正確には DRL の指標⁴⁾ より外れているため、DRLs2025 では DRL 値ではなく参考値として設定した。なお、測定されている一定の基準とは、装置寝台へ被写体としてアクリル板 (PMMA) 厚 20 cm を配置し、アクリル板の X 線管側で患者照射基準点位置へ線量計をセットして被写体からの後方散乱 X 線を含む入射表面空気カーマ ($K_{a,e}$) を 1 分間測定した値を基準透視線量 [mGy/min] として統一的基準で線量率を収集した。

DRLs2025 の調査時には、統合的アンケート調査の IVR 領域の中に基準透視線量率の測定を含め、測定マニュアル配布により測定方法を統一化し回答期間中に 365 施設 (1040 台) の有効回答があり、その結果を表 15 に示す。

表 15 循環器用 X 線透視診断装置の基準透視線量率 (参考値)

使用目的	調査 回答数	基準透視線量率 [mGy/min]		
		25th	50th	75th
全データ	1040	5.4	7.9	11.6 (12)
頭部領域	385	5.7	7.9	12.0 (12)
心臓領域	667	5.6	8.1	12.0 (12)
胸腹部領域	504	5.2	7.6	10.9 (11)
下肢領域	448	5.6	8.0	11.9 (12)

(参考値) : DRLs2025 での参考値

表 15 での全データは回答があった全ての装置 (1040 台) での結果であり、頭部領域、心臓領域、胸腹部領域、下肢領域については、それぞれの領域での日常臨床に使用している透視プロトコルにて検出器のサイズは 1 辺の長さが 20 cm に最も近い照射野サイズにセットし、1 分間の透視線量を示している。表 15 の基準透視線量率 [mGy/min] での 25 パーセンタイル値 (25th)、50 パーセンタイル値 (50th)、75 パーセンタイル値 (75th) を示し、75 パーセンタイル値での括弧内の線量値を DRLs2025 での DRL 参考値とした。今回の調査では、各領域別に参考値を示したので臨床で使用する透視プロトコルにて比較検討を行い装置出力の最適化に努めていただきたい。

表 16 基準透視線量率の推移

DRL	調査 装置数	基準透視線量率 [mGy/min]			
		25th	50th	75th	DRL 値(86th)
DRLs2015	324	7.2	10.6	16.9	20
DRLs2020	448	5.5	8.8	12.5	17
DRLs2025	1040	5.4	7.9	11.6	-

表 16 では DRLs2015 (2013 年データ)、DRLs2020 (2019 年データ)、DRLs2025 (2024 年データ) での基準透視線量率[mGy/min]の比較を示す。DRLs2015、DRLs2020 のデータは日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構での認定試験受験者・更新者の施設によるデータであることから一般的な施設の装置より低線量率であると考えられ、DRL 値は 86 パーセンタイル値が採用されていた。基準透視線量率の 75 パーセンタイル値にて比較した場合、DRLs2025 では DRLs2015 より 31% と大幅に線量が低下しているが、DRLs2020 に比較すると低下率は 8% となっている。装置出力線量は検出器の性能、画像処理技術に左右されることから 10 年前に比較し、現在の装置では技術的進歩により I.I. から FPD へと検出器が変わるなど変化は大きい、今後はある程度の線量へ収束することが予想され大きな低減を望むことは難しいと考えられる。

なお、日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構での 2024 年度データでは、基準透視線量率の 25 パーセンタイル値が 5.5 mGy/min、50 パーセンタイル値が 8.5 mGy/min、75 パーセンタイル値が 11.9 mGy/min となっており、今回の調査結果とほぼ同様な線量値であった。しかし、今回の調査では 465 施設、装置台数が 1040 台となっており、より広範な施設からのデータを含む全国的な状況を反映していると考えられる。また、基準透視線量率の測定方法が全国的に普及し、装置線量管理が適正に行われていることは医療被ばくの最適化を図る上で大きな貢献になっていると考えられる。

5. 参考資料

- 1) 厚生労働省、医療法施行規則の一部を改正する省令の施行等について <https://www.mhlw.go.jp/content/10800000/001048768.pdf>. Accessed March 7, 2025.
- 2) IEC (2010). Part 2-43: Particular Requirements for the Basic Safety and Essential Performance of X-Ray Equipment for Interventional Procedures, IEC 60601-2-43, ed. 2.0
- 3) JIS Z 4751-2-54: 2021. 医療用電気機器-第 2-54 部: 撮影・透視用 X 線装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項. 2021
- 4) ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).
- 5) 大澤 充晴、永田 敬章、西條 貴哉、他、東海地区における IVR の線量管理に関するアンケート調査、日本放射線技術学会雑誌, 2025、81 (2) 論文 ID: 25-1468

- 6) 石橋 智通、高尾 由範、石橋 徹、他、下肢閉塞性動脈疾患に対する血管内治療の手技線量に関する全国調査、日本放射線技術学会雑誌、2025、81 (1) 論文 ID: 25-1521
- 7) 長谷川 亮太、野口 和希、武田 和也、他、血管撮影領域におけるファントム入射表面空気カーマの国内実態調査、日本放射線技術学会雑誌、2024、80 (10)、1046-1055.
- 8) 前川 和輝、佐藤 正和、林 利廣、他、冠動脈領域の血管撮影および IVR における被ばく線量多施設調査、日本放射線技術学会雑誌、2025、81 (3)、論文 ID: 25-1525
- 1) 日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構、装置基準線量報告 <http://ivr-rt.kenkyukai.jp/special/?id=18190> Accessed March 25, 2025.

モダリティ 診断透視

報告者 ○加藤 英幸、白神 伸之、鶴丸 大介、藤淵 俊王、松原 孝祐、
宮島 隆一、鷲見 和幸、鈴木 賢昭、根岸 徹、新田見 耕太、見本 真一、
山下 一太

報告日 2025年3月12日

I. DRL 値

表 1. 据置形 X 線透視装置を用いた検査の DRL 値

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
嚥下造影	16	6.5	5.0	4.0
食道・胃・十二指腸造影	77	21	6.5	23
イレウス管挿入	80	47	20	6.0
大腸（注腸）造影	93	41	12	26
逆行性膵管胆管造影：ERCP	110	28	15	13
気管支鏡検査	27	7.4	8.7	2.0
中心静脈栄養用カテーテル挿入術 （CV カテ・ポート挿入）	7.6	3.2	2.7	2.0
腰椎神経根ブロック	22	5.5	3.0	2.0
腰椎脊髄腔造影（ミエロ）	47	18	3.9	10

注 1) 据置形 X 線透視装置はオーバーテーブル X 線管形のみ対象

注 2) $K_{a,r}$: Incident air kerma at the patient entrance reference point は ICRP Publication 135 で提唱され JIS Z 4751-2-54 で定められている患者照射基準点での空気カーマ（後方散乱を含まず） DRLs2020 の基準空気カーマと同義

注 3) P_{KA} : KAP : Air kerma area product は ICRP Publication 135 で提唱された、面積空気カーマ積 DRLs 2020 の面積空気カーマ積算値[Gy·cm²]と同義

表 2. 移動形 X 線透視装置を用いた検査の DRL 値

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
脊椎固定術（頸椎）	10	3.7	4.6	2.0
脊椎固定術（頸胸移行部以下）	110	23	10	2.0
側弯症矯正	(100)	(11)	10	1.0
骨折観血的手術（大腿）	57	9.6	10	2.0

注 1) 側弯症矯正の ($K_{a,r}$)、(P_{KA}) はデータ数が少ないため参考値

表 3. 胃 X 線検診の DRL 値

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
対策型撮影法（基準検査）	39	—	2.5	9.0
任意型撮影法（基準検査）	55	—	4.2	17

表 4. 据置形 X 線透視装置と移動形 X 線透視装置の透視線量率および撮影線量の参考値

	透視線量率 [mGy/min]	撮影線量 [mGy / 1 曝射]
据置形 X 線透視装置	10	1.6
移動形 X 線透視装置	13	1.3

注 1) 透視線量率と撮影線量は患者照射基準点での入射表面空気カーマ（後方散乱を含む）

注 2) 据置形 X 線透視装置はオーバーテーブル X 線管形のみ

注 3) 移動形 X 線透視装置は整形外科領域で使用している装置のみ

2. 上記数値の根拠

透視検査の DRL に関して、「日本の診断参考レベル（2020 年版）」（以下、DRLs2020）³⁾ では据置形 X 線透視装置を対象として 12 検査種目を定めていた。今回検査種目を改変するとともに、診療放射線技師の関わりが少ない手術室で使用されている移動形 X 線透視装置に関する検査種目についても、4 検査種目対象とした⁴⁾。また DRLs2020 で取り入れていた食道・胃・十二指腸造影の検診に関しては、日本消化器がん検診学会の胃 X 線検診における医療被ばくに関する報告書⁵⁾ のデータを基に、胃 X 線検診として別に定めた。

DRL 量に関しては、線量表示可能装置の普及状況ならびに、DRLs2020 との比較を鑑み、患者照射基準点での空気カーマと面積空気カーマ積に加え、透視時間、撮影回数も継続することとした³⁾。また、線量表示ができない装置も存在することから、標準ファントムを用いて実測した透視線量率および撮影線量を参考値として掲載した。

- ・据置形 X 線透視装置はオーバーテーブル X 線管形のみ対象（アンダーテーブル X 線管形、C アーム型は対象外）
- ・移動形 X 線透視装置は整形外科領域で使用している装置のみ対象

2.1. 調査（時期、対象、方法）

複数のモダリティを対象とした統合的アンケート調査

「診断参考レベル改定へ向けた線量調査」を 2024 年 9 月 1 日付けで全国 6,973 施設宛に郵送し、2024 年 10 月 1 日から 10 月 30 日の回答期間中に 340 件の有効回答を得た。各透視検査について 1 ヶ月間の症例数を目安に調査し、3 症例以上を実施している検査種目に対して中央値を調査した。また、3 症例に満たない場合は、1 年前まで調査範囲を拡大した。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

線量評価は、装置に表示される患者照射基準点での空気カーマおよび面積空気カーマ積で行った。それに加え、透視時間と撮影回数も DRL 量として残した。

各施設で行った検査種目毎で、標準体型として、令和元年国民健康・栄養調査報告 厚生労働省（2019年12月）⁶⁾ のデータから、身長 150 から 170 cm、体重 50 から 70 kg とした。

2.3. 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

統合的アンケート調査で、DRLs2020 時の回答数が 1 桁以上増加した。

原則として、調査結果の 75 パーセンタイル値の、有効数字 2 桁を DRL 値として設定した。以下に各 DRL 量の 75 パーセンタイルおよび括弧書きで中央値を示す。下段は（有効装置数/総症例数）

各検査種目データ回答のうち、身長・体重が標準体型から外れるものについては除外した。

表 5. 据置形 X 線透視装置を用いた検査のデータ

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
嚥下造影	15.5 (10.0) 107/1841	6.5 (3.9) 99/1531	5.0 (3.3) 132/2184	4 (1) 133/2187
食道・胃・十二指腸造影	76.6 (47.9) 193/6905	21.3 (13.3) 178/6475	6.5 (4.4) 240/34022	23(18) 247/34133
イレウス管挿入	79.5 (48.1) 159/1653	46.6 (27.7) 146/1528	20.0 (14.2) 198/2141	6 (4.3) 200/2150
大腸（注腸）造影	92.8 (61) 123/1851	41.0(26.5) 115/1832	12.1 (7.9) 156/2513	26 (20) 157/2518
逆行性膵管胆管造影： ERCP	107.8 (72.1) 181/5983	28.0 (15.7) 169/5575	14.8 (11.0) 222/6931	12.8 (9) 224/6941
気管支鏡検査	27.1 (13.8) 107/2170	7.4 (3.4) 92/1939	8.7 (5.3) 131/2747	2(1) 131/2751
中心静脈栄養用カテーテル 挿入術（CV カテ・ポート 挿入）	7.6 (4.3) 123/2306	3.2 (1.7) 114/2272	2.7 (1.8) 154/2896	2(1) 155/2899
腰椎神経根ブロック	21.8 (13.7) 118/1791	5.5 (2.6) 105/1862	3.0 (1.9) 154/2517	2(1) 155/2528
腰椎脊髓腔造影（ミエロ）	46.9 (29.3) 77/711	17.6 (10.8) 68/610	3.9 (2.5) 104/1100	10(7) 103/1097

食道・胃・十二指腸造影に関して、DRLs2020 では、食道・胃・十二指腸造影と食道・胃・十二指腸造影（精検）に分けていたが、胃がん術前精検の減少ならびに回答を容易にするために、今回統合した。結果としては、前回の DRL 値を上回ることにはなかった。

ERCP に関して、DRLs2020 では、診断と治療に分けていたが、我が国では治療が多いことと、診断と治療の分類が難しいことなどから、今回統合した⁷⁾。結果として、前回の DRL 値を若干上回ったが、前回の治療よりは低い値となった。

表 6. 移動形 X 線透視装置を用いた検査のデータ

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
脊椎固定術（頸椎）	10.2(6.5) 33(213)	3.7(1.1) 27(197)	4.6 (2.0) 55/377	2(0) 55/377
脊椎固定術 （頸胸移行部以下）	105.0 (46.2) 45/581	22.5 (9.1) 36/473	10.0 (4.6) 72/943	2(1) 72/943
側弯症矯正	101.6 (43.7) 6/33	11.3(7.6) 8(52)	10.4 (4.8) 12/105	1(0) 12/105
骨折観血的手術（大腿）	56.6 (31.1) 49/538	9.6(5.7) 38/398	10(6.5) 83/1373	2(0) 83/1358

移動形 X 線透視装置の運用（装置の使用・管理および線量管理等）状況を調査するため、2023 年 11 月から 2024 年 3 月にかけて、千葉地区、九州地区、新潟地区の PT メンバー関連施設にアンケート調査を行い、その結果を基に検査種目などを決定した。

事前調査から手術室で移動形 X 線透視装置使用時に、診療放射線技師が携わっていない施設や、線量データ等の収集ができない施設が散見されていた。この様な要因により、据置形 X 線透視装置に比べ、移動形 X 線透視装置の回答数が少なかったことが予測された。

今回側弯症矯正の $K_{a,r}$ 、 P_{KA} に関しては、回答数が 1 桁だったため、参考値とした。

表 7. 胃 X 線検診のデータ

	$K_{a,r}$ [mGy]	P_{KA} [Gy·cm ²]	透視時間 [min]	撮影回数 [回]
対策型撮影法（基準検査）	38.9(33.2)	—	2.5(2.3)	9(8)
任意型撮影法（基準検査）	54.8(44.0)	—	4.2(3.8)	16.5(15.6)

日本消化器がん健診学会、胃 X 線検診における医療被ばくに関する報告書²⁾で、撮影法を対策型（基準 8 体位：8 回曝射）と任意型（基準 12 体位：16 回曝射）に分けて調査し管理目標値等を算出していた。そのため本報告では対策型と任意型の基準検査のデータの、75 パーセンタイル値のみを参考にした。

表 8. 据置形 X 線透視装置と移動形 X 線透視装置の透視線量率および撮影線量データ

	透視線量率 [mGy/min]	データ数	撮影線量 [mGy/l 曝射]	データ数
据置形 X 線透視装置	9.97	157 施設 327 台	1.56	147 施設 310 台
移動形 X 線透視装置	12.50	65 施設 90 台	1.27	60 施設 78 台

線量表示ができない装置の線量管理および被ばく管理に有効と考え、モダリティ IVR に準じた方法で、透視線量率と撮影線量の実測値の 75 パーセンタイル値を、参考値として提示した。

据置形 X 線透視装置に関しては、測定の簡便さ等を考慮し、オーバーテーブル X 線管形のみとした。事前調査⁵⁾で線量計所有施設が 82%、PMMA ファントム所有施設が 86%、測定可能施設が 79%であった。今回実施して、据置形に関しては、100 施設（300 台）以上、移動形に関しても 60 施設（80 台）以上の施設から回答を得ることができた。

測定方法については、文末に掲載する。

すべての検査種目において、DRLs2020 および先行研究と比較して概ね同様の数値であることを確認した。

今回の検討における limitation として、2012 年 10 月に線量測定値の表示が義務化された¹⁾。回答施設の装置導入年の調査結果ではあるが、据置形は 2013 年以降の装置が 696 台中 557 台 80%を占めており、移動形も 78%で、線量表示が可能である装置が普及していることが示唆された。ただ、今回の回答装置は各施設所有装置から使用頻度の高い装置を選択してもらったため、線量表示可能な装置を選択した結果、増加した点は否めない。また、線量表示ができない装置のデータ収集が少なかったことが伺えた。

3. DRL 運用に関しての注意など

今回設定した面積空気カーマ積の単位は、 $Gy \cdot cm^2$ であるが、各メーカー、装置によって線量単位に違いがあるため、留意されたい。

表示線量での線量管理は容易に行うことができる一方、装置（面積線量計含む）の精度管理（保守点検等）が十分に行われていないと、患者の被ばく線量把握において、誤差が生じてしまう。

今後透視検査においても、線量管理と記録を行うことが予想される。装置の精度管理と共に各施設での、装置との医療情報システム（病院情報システム（HIS: Hospital Information System）や放射線科情報システム（RIS: Radiology Information System）、そして線量管理システム等が十分に活用されることに期待したい。

4. その他

今まで線量表示ができない装置が多いことから、透視時間と撮影回数を DRL 値として定めてきた。最適化に有効な項目ではあるが、今回の調査回答数から、次回調査では検討する余地があることが伺えた。

5. 参考資料

- 1) 日本産業規格, 2021. JIS Z 4751-2-54. 医療用電気機器-第2-54部: 撮影・透視用X線装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項.
- 2) ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).
- 3) 医療被ばく研究情報ネットワーク, 日本の診断参考レベル(2020年版)
https://j-rime.qst.go.jp/report/JapanDRL2020_jp.pdf
- 4) ICRP, 2011. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. ICRP Publication 117. Ann, ICRP 40(6).
- 5) 日本消化器がん検診学会, 2025. 胃X線検診における医療被ばく線量最適化のための管理目標. 日本消化器がん検診学会雑誌, 63(2).
- 6) 厚生労働省, 2019. 令和元年国民健康・栄養調査報告
<https://www.mhlw.go.jp/content/001066903.pdf>
- 7) Hayashi S, Takenaka M, Hosono M, et al., 2017. Diagnostic Reference Levels for Fluoroscopy-guided Gastrointestinal Procedures in Japan from the REX-GI Study: A Nationwide Multicentre Prospective Observational Study. Lancet Reg Health West Pac. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2021.100376>

X線透視装置の患者照射基準点での線量測定方法

被写体はアクリル 20 cm を患者支持台上に配置する。計測は後方散乱を含んだファントム入射表面空気カーマの測定を行うために、原則、電離箱線量計を使用して行う。半導体線量計を使用する場合は、測定値が入射線量（後方散乱線を含まない）になるので、後方散乱係数 1.3¹⁾を乗じる必要がある。また、半導体線量計自体の自己吸収での撮影条件の増加を防ぐため、AEC 使用時は ROI 外に線量計を設置する。線量計の設置場所は、患者照射基準点 (patient entrance reference point ; PERP)²⁾ とする。ただし、移動形 X 線透視装置の場合、メーカーならびに装置の種類により PERP が異なるが、すべて本法で行う (Fig. 1)。

透視・撮影プログラムは、各装置において日常の検査時に使用している照射野サイズ・付加フィルタ・AEC 設定・X 線管焦点-検出器間距離(SID)を選択する。また、X 線管の絞り、濃度補償フィルタは照射野サイズに開放する^{3), 4)}。

透視線量率は、1 分間当たりの入射表面空気カーマ[mGy/min]を算出する。

撮影線量は、1 曝射当たりの入射表面空気カーマ[mGy]を算出する。

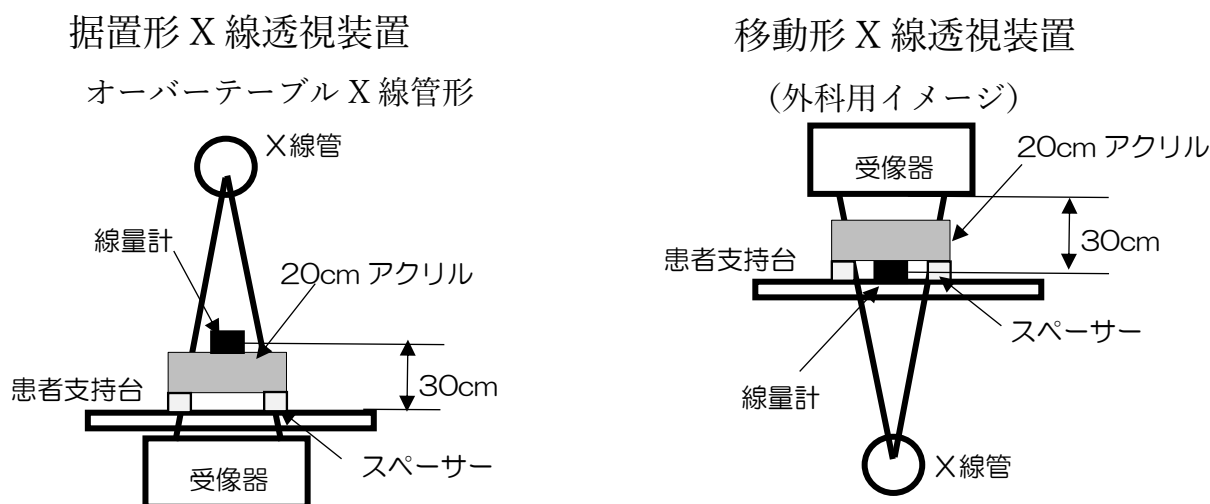


Fig. 1 各装置の患者照射基準点位置

1) 据置形（オーバーテーブル X 線管形）は患者支持台から X 線管側へ 30cm の点

2) 移動形は受像器入射面から X 線管側へ 30cm の点

注：移動形においてアイソセンターを有する装置ほかすべて本法で測定

参考文献

- 1) 公益社団法人日本放射線技術学会、放射線医療技術学叢書 (25)、医療被ばく測定テキスト
- 2) JIS Z 4751-2-54: 2017、医療用電気機器-第 2-54 部：撮影・透視用 X 線装置の基礎安全及び基本性能に関する個別要求事項
- 3) 全国循環器撮影研究会、循環器被ばく低減技術セミナーテキスト
- 4) 坂本 肇、五十嵐 隆元、ほか、DRLs 2015 の血管撮影・IVR 分野における効果検証および追加項目の検討、日本放射線技術学会雑誌、2020、76 巻、2 号、p. 210-217

モダリティ 核医学

報告者 細野 眞、藤本 隆広、沖崎 貴琢、馬場 眞吾、阿部 光一郎
 稲木 杏吏、恵谷 玲央、佐々木 健、石黒 雅伸、渡邊 浩
 宮司 典明、渡邊 公憲、對間 博之、飯森 隆志、矢田 伸広

報告日 2025年2月7日

I. DRL の数値

放射性医薬品（一般核医学）

検査及び放射性薬剤	アンケート結果			DRL2025 [MBq]	DRL2020	DRL2015
	50 percentile	75 percentile	回答数			
骨： ^{99m} Tc-MDP	878	948	297	930	950	950
骨： ^{99m} Tc-HMDP	868	932	305	930	950	950
骨髄： ¹¹¹ InCl	76	80	29	80	80	120
脳血流： ^{99m} Tc-HMPAO (安静あるいは負荷1回のみ)	740	783	15	800	800	800
脳血流： ^{99m} Tc-HMPAO (安静+負荷)	1200	1200	3	1200	1200	1200
脳血流： ^{99m} Tc-ECD (安静あるいは負荷1回のみ)	735	784	259	800	800	800
脳血流： ^{99m} Tc-ECD (安静+負荷)	778	922	19	1100	1100	1100
脳血流： ¹²³ I-IMP (安静あるいは負荷1回のみ)	182	191	335	200	200	200
脳血流： ¹²³ I-IMP (安静+負荷)	249	271	131	270	270	300
脳受容体： ¹²³ I-iomazenil	185	195	72	200	200	200
線条体： ¹²³ I-ioflupane	181	189	347	190	190	190
脳槽・脊髓腔： ¹¹¹ In-DTPA	37	38	62	40	40	70
甲状腺摂取率：Na ¹²³ I	8	8.66	128	10	10	10
甲状腺： ^{99m} TcO ₄ ⁻	199	238	225	240	240	300
副甲状腺： ²⁰¹ Tl-chloride	76	111	17	120	120	120
副甲状腺： ^{99m} TcO ₄ ⁻	241	300	19	300	300	300
副甲状腺： ^{99m} Tc-MIBI	720	802	261	800	800	800
肺換気： ^{81m} Kr-gas	185	185	90	190	200	200
肺換気： ^{99m} Tc-gas	370	750	12	750	—	—
肺血流： ^{99m} Tc-MAA	213	260	264	260	260	260
RI ベノグラフィ： ^{99m} Tc-MAA	422	500	11	500	500	500
肝・脾： ^{99m} Tc-phytate	185	189	12	190	200	200
肝機能： ^{99m} Tc-GSA	233	253	163	260	260	260
肝胆道： ^{99m} Tc-PMT	218	242	66	260	260	260

肝・脾： ^{99m} Tc-Sn colloid	140	180	21	180	180	180
心筋血流： ²⁰¹ Tl-chloride（安静のみ）	113	114	85	120	120	180
心筋血流： ²⁰¹ Tl-chloride （負荷1回のみ）	113	113	22	120	—	—
心筋血流： ²⁰¹ Tl-chloride （安静+負荷）	113	114	194	120	—	—
心筋血流： ^{99m} Tc-tetrofosmin （安静あるいは負荷1回のみ）	739	824	98	840	840	900
心筋血流： ^{99m} Tc-tetrofosmin （安静+負荷）	1073	1180	208	1200	1200	1200
心筋血流： ^{99m} Tc-MIBI （安静あるいは負荷1回のみ）	740	840	70	840	880	900
心筋血流： ^{99m} Tc-MIBI（安静+負荷）	1074	1147	99	1200	1200	1200
心筋脂肪酸代謝： ¹²³ I-BMIPP	125	130	215	130	130	130
心交感神経機能： ¹²³ I-MIBG	124	129	334	130	130	130
心プール： ^{99m} Tc-HSA-D	892	932	20	970	970	1000
心筋梗塞： ^{99m} Tc-PYP	740	838	55	840	800	800
心アミロイドーシス： ^{99m} Tc-PYP	740	793	237	840	—	—
心アミロイドーシス： ^{99m} Tc-HMDP	776	865	48	870	—	—
唾液腺： ^{99m} TcO ₄ ⁻	258	370	186	370	370	370
メッケル憩室： ^{99m} TcO ₄ ⁻	370	406	85	440	440	500
消化管出血： ^{99m} Tc-HSA-D	932	1000	117	1000	1040	1040
蛋白漏出： ^{99m} Tc-HSA-D	929	1000	123	1000	1040	—
腎静態： ^{99m} Tc-DMSA	185	204	132	210	210	210
腎動態： ^{99m} Tc-MAG3	300	381	195	380	380	400
腎動態： ^{99m} Tc-DTPA	352	382	103	380	390	400
副腎皮質： ¹³¹ I-adosterol	37	40	152	40	40	44
副腎髄質： ¹²³ I-MIBG	127	130	198	130	130	130
精巣： ^{99m} Tc-HSA-D	813	846	4	850	—	—
腫瘍： ²⁰¹ Tl-chloride	111	114	60	120	120	180
腫瘍・炎症： ⁶⁷ Ga-citrate	112	114	278	120	120	200
ソマトスタチン受容体： ¹¹¹ In-pentetreotide	141	175	158	220	120	—
リンパ管： ^{99m} Tc-HSA-D	429	818	102	830	830	950
センチネルリンパ節（乳癌）： ^{99m} Tc-Sn colloid	69	90	24	120	120	120
センチネルリンパ節（乳癌）： ^{99m} Tc-phytate	68	88	189	120	120	120
センチネルリンパ節（メラノーマ）： ^{99m} Tc-Sn colloid	76	103	16	120	120	120
センチネルリンパ節（メラノーマ）： ^{99m} Tc-phytate	91	120	67	120	120	120

センチネルリンパ節（子宮体癌）： ^{99m} Tc-phytate	81	87	6	120	—	—
センチネルリンパ節（子宮頸癌）： ^{99m} Tc-phytate	83	98	8	120	—	—
センチネルリンパ節（外陰癌）： ^{99m} Tc-phytate	91	111	21	120	—	—
センチネルリンパ節（頭頸部癌）： ^{99m} Tc-phytate	90	112	19	120	—	—
RI アンギオグラフィ： ^{99m} Tc-HSA-D	932	1000	11	1000	1000	1000

放射性医薬品（PET）

検査及び放射性薬剤	アンケート結果			DRL2025 [MBq]	DRL2020	DRL2015
	50 percentile	75 percentile	回答数			
脳機能：C ¹⁵ O ₂ -gas（2D 収集）	8000	8000	1	8000	8000	8000
脳機能： ¹⁵ O ₂ -gas（2D 収集）	6000	6000	1	6000	6000	6000
脳機能：C ¹⁵ O-gas（2D 収集）	3000	3000	1	3000	3000	3000
脳機能：C ¹⁵ O ₂ -gas（3D 収集）	1650	2250	8	1800	1800	2900
脳機能： ¹⁵ O ₂ -gas（3D 収集）	3200	4500	8	4500	4500	7000
脳機能：C ¹⁵ O-gas（3D 収集）	2150	3150	8	3600	3600	7500
アミロイド： ¹⁸ F-flutemetamol （院内製剤）	243	272	3	260	260	—
アミロイド： ¹⁸ F-flutemetamol （デリバリー）	238	257	89	260	260	—
アミロイド： ¹⁸ F-florbetapir （院内製剤）	373	374	3	370	370	—
アミロイド： ¹⁸ F-florbetapir （デリバリー）	380	407	22	370	370	—
アミロイド： ¹⁸ F-florbetaben （院内製剤）	300	305	4	300	300	—
脳ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG （院内製剤）	189	233	19	230	240	240
脳ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG （デリバリー）	249	265	22	230	240	240
脳ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG （体重あたり）	4	4	30	4	4	—
悪性神経膠腫： ¹⁸ F-Fluciclovine （デリバリー）	225	261	6	270	—	—
悪性神経膠腫： ¹⁸ F-Fluciclovine （体重あたり）	4	5	4	5	—	—

心筋ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG (院内製剤)	227	238	20	240	240	240
心筋ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG (デリバリー)	236	274	39	240	240	240
心筋ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG (体重あたり)	4	4	40	4	5	—
心筋血流： ¹³ N-アンモニア (院内製剤)	520	592	9	520	520	720
腫瘍ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG (院内製剤)	214	229	54	240	240	240
腫瘍ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG (デリバリー)	237	261	122	240	240	240
腫瘍ブドウ糖代謝： ¹⁸ F-FDG (体重あたり)	4	4	108	4	4	—
炎症： ¹⁸ F-FDG (院内製剤)	221	242	30	240	240	—
炎症： ¹⁸ F-FDG (デリバリー)	240	259	41	240	240	—
炎症： ¹⁸ F-FDG (体重あたり)	4	4	57	4	4	—

Hybrid CT (SPECT/CT)

部位	アンケート結果					DRL2025		DRL2020	
	50 percentile		75 percentile		回答数	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]	CTDI _{vol}	DLP
	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP					
全身	2.200	179.3	3.968	305.2	76	4.0	310	5.0	380
頭頸部	3.075	110.9	5.408	162.5	106	5.4	170	5.8	210
胸部	2.495	83.10	4.213	125.4	138	4.2	130	4.1	170
上腹部	2.055	68.60	4.778	125.1	74	4.8	130	—	—
骨盤	2.165	76.06	3.060	110.0	44	3.1	110	—	—
腹部, 骨盤 (上腹部から骨盤)	2.020	85.58	3.875	138.2	83	3.9	140	5.0	210
頸部から骨盤	2.523	156.2	4.140	253.2	104	4.1	260	—	—
四肢	2.290	99.10	3.090	151.5	35	3.1	160	4.6	230
脳 (減弱補正のみ)	6.780	82.50	12.21	206.0	44	12	210	13.0	330
脳 (減弱補正 + 融合画像)	11.64	174.0	25.10	368.4	80	25	370	23.0	410
心臓 (減弱補正のみ)	1.610	35.01	2.923	66.16	92	2.9	70	4.1	85
心臓 (減弱補正 + 融合画像)	1.985	49.75	4.068	90.75	74	4.1	90	4.5	180

Hybrid CT (PET/CT 診療)

部位 (PET/CT 診療)	アンケート結果					DRL2025		DRL2020	
	50 percentile		75 percentile		回答数	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]	CTDI _{vol}	DLP
	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP					
全身： 頭部から大腿基部	4.000	410.3	5.370	531.5	173	5.4	540	6.1	600
全身： 頭部から下肢	3.460	513.8	5.263	717.5	108	5.3	720	-	-
頭頸部	2.610	66.75	4.195	127.4	27	4.2	130	-	-
胸部	2.955	109.0	4.515	150.0	42	4.5	150	-	-
上腹部	2.865	82.61	4.398	138.9	44	4.4	140	-	-
骨盤	2.280	80.00	3.150	114.0	29	3.2	120	-	-
上腹部から骨盤	3.040	118.3	4.973	214.4	46	5.0	220	-	-
胸部から骨盤	3.460	205.7	4.420	300.0	25	4.4	300	-	-
四肢	1.190	80.63	2.735	124.0	20	2.7	130	-	-
脳 (減弱補正のみ)	3.140	73.50	10.39	261.4	22	10	270	6.1	130
脳 (減弱補正+融合画像)	12.90	253.7	25.92	564.6	83	26	570	31.0	640
心臓 (減弱補正のみ)	3.970	97.70	4.650	201.2	7	2.5	50	2.5	50
心臓 (減弱補正+融合画像)	3.370	83.62	4.730	133.1	49	4.7	140	9.1	380

Hybrid CT (PET/CT 検診)

部位 (PET/CT 診療)	アンケート結果					DRL2025		DRL2020	
	50 percentile		75 percentile		回答数	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy・cm]	CTDI _{vol}	DLP
	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP					
全身： 頭部から大腿基部	4.015	425.5	5.318	527.5	92	5.4	540	6.1	600
脳 (減弱補正のみ)	NA	NA	NA	NA	1	10	270	6.1	130
脳 (減弱補正+融合画像)	16.80	332.0	21.59	537.4	7	26	570	31.0	640
心臓 (減弱補正のみ)	NA	NA	NA	NA	1	2.5	50	-	-
心臓 (減弱補正+融合画像)	7.650	158.8	8.925	178.9	2	4.7	140	-	-

2. 上記数値の根拠

放射性医薬品

- ① 実投与量の中央値を用いて設定した。実投与量は実測値、あるいは測定困難な場合は計算値でも可とした。
- ② 調査データの 75 percentile を算出し、ガイドラインや添付文書、DRL2020 を参考に、75 percentile に近い合理的な値を決定した。
- ③ 明らかに入力ミスと思われる外れ値は除外した。
- ④ 画質を担保することを重視し、ガイドラインや添付文書を考慮して、いたずらに低い値としない方針とした。
- ⑤ DRL2020 と今回の 75 percentile の差が小さい場合は、前回は踏襲した。
- ⑥ 同じ目的で違う放射性医薬品を用いる場合は、核種が同じであれば（脳血流シンチの HMPAO、ECD、骨シンチの MDP、HMMP など）、DRL は同じ値に設定した。
- ⑦ 回答数が 10 に満たない項目（主に PET/CT 検診）については、ガイドライン、添付文書、DRL2020 の値を考慮して決定した。
- ⑧ 最終的な DRL の値は、2 つまでの数字を含む整数値とした。

Hybrid CT

- ① hybrid CT 撮像時の CTDIvol[mGy]と DLP (mGy·cm) の中央値を用いて設定した。
- ② 75 percentile を算出し、75 percentile に近くかつ合理的な値を整数値として設定した。
- ③ 明らかな外れ値は除外した。
- ④ 回答数が 10 に満たない項目（主に PET/CT 検診）については、DRL2020 や同等と思われる検査の DRL 値を採用した。
- ⑤ 新旧の装置の混在を考慮し、CTDI、DLP は大きめに設定した。

2.1 調査（時期、対象、方法）

調査対象期間：2024 年 7 月 1 日～31 日

アンケート調査入力期間：2024 年 8 月 1 日～9 月 30 日

対象：全国の RI 施設 1,178 施設

方法：調査方法：郵送にて依頼文書を付し、回答はサイトに直接入力する形式とした。

調査項目の設定について（放射性医薬品）

- ① 前回欠落していた「 ^{99m}Tc -gas」、「精巣： ^{99m}Tc -HSA-D」を加えた。
- ② ^{201}Tl 心筋シンチについては、前回「 ^{201}Tl -chloride」の一項目のみであったが、実態に即し「 ^{201}Tl -chloride（安静）」、「 ^{201}Tl -chloride（負荷 1 回のみ）」、「 ^{201}Tl -chloride（安静+負荷）」とした。
- ③ 新たに保険適用となった、「心アミロイドーシス： ^{99m}Tc -PYP」、「心アミロイドーシス： ^{99m}Tc -HMMP」、「センチネルリンパ節（子宮体癌）： ^{99m}Tc -phytate」、「センチネルリンパ節（子宮頸癌）： ^{99m}Tc -phytate」、「センチネルリンパ節（外陰癌）： ^{99m}Tc -phytate」、「センチネルリンパ節（頭頸部癌）： ^{99m}Tc -phytate」、「悪性神経膠腫： ^{18}F -Fluciclovine」

を加えた。

- ④ 一部の検診施設で行われている「前立腺癌：⁶⁸Ga-PSMA」は、保険適用でないため調査項目に加えないこととした。

調査項目の設定について (Hybrid CT)

- ① PET/CT では、「全身」をより具体的に、「頭部から大腿基部」と「頭部から下肢」の2項目に分けた。
- ② 遅延像の撮像を考慮して、「頭頸部」、「胸部」、「上腹部」、「骨盤」、「上腹部から骨盤」、「胸部から骨盤」、「四肢」の項目を新設した。その際、「下腹部」は「骨盤」と表記した。
- ③ 実態に即し、PET/CT 検診では、前回調査項目であった「全身（減弱補正のみ）」を削除し、「心臓（減弱補正のみ）」と「心臓（減弱補正＋融合画像）」を追加した。結果、診療と検診で調査項目は同一となった。
- ④ PET/CT 検査中に診断目的で行われた CT（胸部 CT など）は調査対象に含めないこととした。

2.2. 線量評価（単位、標準ファントム、標準体格）

標準的な体格の成人の検査における、実投与量（MBq、検定量ではない）の中央値および hybrid CT 撮像時の CTDIvol[mGy]と DLP[mGy・cm]の中央値

2.3 結果と考察（DRL 設定の根拠、limitation）

(1) 476 施設から回答があり、有効回答率は前回（28%）を上回り 40.4%であった。

(2) 放射性医薬品

- ① 前回と比べて全体に減少傾向で、使用量の最適化が進んだ可能性がある。
- ② 肝・脾スズコロイドでは、今回 75percentile が 140 MBq と、前回(180 MBq)と比べて大幅に下がった。回答数が 21 件と少ないこと、同じ用途で用いる同じ核種の ^{99m}Tc-phytate が 190 MBqであることを考慮して、DRL2020 と同じ値（180 MBq）に設定した。
- ③ ¹¹¹In-pentetreotide は検定日（検定時 122 MBq）が金曜、入荷日が水～木曜のため、添付文書上の投与量 111 MBq より実際の投与量が多くなる傾向にあった。前回は添付文書の投与量を考慮し 120 MBq に設定したが、今回は画質を優先し、かつ実態をより反映するため、今回の回答の中で外れ値を除く最大投与量である 220 MBq に設定した。これは、ガイドラインで示す投与量（111-222 MBq）とも齟齬はない。
- ④ センチネルリンパ節では、新規に加わったものを含めて、すべて 120 MBq に統一した。
- ⑤ アミロイド PET では、他の PET 製剤と同様に、75 percentile、ガイドライン、添付文書を考慮して院内製剤とデリバリーの値を同一とした。また、体重あたりの投与量は DRL として定めないことにした。

- ⑥ ^{18}F -Fluciclovine は、販売開始（2024 年 7 月）直後の調査であったため回答数が少なかった（6 件）。添付文書（87-270 MBq）の最大投与量に設定した。
- ⑦ 心筋ブドウ糖代謝の体重あたり投与量は、脳、腫瘍、炎症の糖代謝と同一の 4 MBq/kg とした。

(3) Hybrid CT

SPECT/CT

- ① 全体に低下傾向だが、施設間差が大きかった。最適化を含めた施設の考え方の違い、各装置メーカーの被ばく低減技術の違いなどが原因かと考えられた。
- ② 今回心臓 SPECT/CT（減弱補正のみ、減弱補正+融合画像）の値が大きく低下していた。今回の調査結果の数値は妥当と思われること、回答数は減弱補正のみで 92 件、減弱補正+融合画像で 74 件と相当数あることから、今回の調査結果を採用した。

PET/CT 診療

- ① 脳 PET（減弱補正のみ）は、CTDI(10.4)、DLP(270)ともに前回（それぞれ、6.1、130）と比べて増加。回答数は 22 件と少なかったが一定数はあるものと考え、DRL としては今回の調査結果を採用した。
- ② 心臓 PET（減弱補正のみ）は、CTDI(4.7←2.5)、DLP(201←50)ともに大きく増加。回答数が 7 件と少なく実情を反映したものかどうか不明なため、DRL2020 を踏襲した。
- ③ 心臓 PET（減弱補正+融合画像）は、CTDI(4.7←9.1)、DLP(140←380)ともに前回よりも大きく低下。CT 検査が重視されるようになったためか。回答数は 49 件と比較的確保されており、今回の調査結果を採用した。

PET/CT 検診

- ① PET の「全身：頭部から下肢」、「頭頸部」、「胸部」、「上腹部」、「骨盤」、「上腹部から骨盤」、「胸部から骨盤」、「四肢」は新設項目であるが回答数が少なかったため、DRL2025 はこれまで同様設定しないこととした。
- ② 脳（減弱補正のみ、減弱補正+融合画像）、心臓（減弱補正のみ、減弱補正+融合画像）は PET/CT 診療と撮像条件が大きく変わらないと思われ、診療 PET と同一とした。

3. DRL 運用に関する注意など

- ① 小児の投与量と思われる回答が複数あった。調査対象は標準的な体格の成人であることを周知徹底することが必要と考えられた。
- ② $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -gas および $^{81\text{m}}\text{Kr}$ -gas の投与量計算について質問が複数あった。「充填量」という言葉の意味合いを含め、次回からはより具体的な指示が必要かもしれない。
- ③ 現状システムでは Web 入力途中での一時保存ができないため、回答者は入力ミスがあると最初からやり直さなければならない状態であった。次回、要検討と考えられる。
- ④ メ切過ぎに入力希望が複数あった。さらに、広報、周知を徹底する必要がある。

4. その他

添付文書や過去の DRL が参照できるように、Web 入力画面に閲覧機能を設けたことは有意義であったと思われる。

5. 参考資料

- 1) Watanabe H et al. Report of a nationwide survey on actual administered radioactivities of radiopharmaceuticals for diagnostic reference levels in Japan. Ann Nucl Med 2016;30:435
- 2) Abe K. et al. The 2020 national diagnostic reference levels for nuclear medicine in Japan. Ann Nucl Med 2020;34:799
- 3) Jenia Vassileva et al. Diagnostic Reference Levels. AJR 2015;204:W1-W3
- 4) ICRP. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1), 2017.