公益社団法人 日本放射線技術学会

放射線防護部会誌

Vol.23 No.1（通巻 56）

●**巻頭言**　DRLs 2025　国際医療福祉大学　五十嵐　隆元

●**教育講演**

トリチウムの生体影響に関するエビデンス　茨城大学　田内　広

●**第 56 回放射線防護部会**

シンポジウム「福島第一原発事故の風評対策と放射線知識の普及」

1. 福島県「県民健康調査」におけるリスクコミュニケーション活動　福島県立医科大学　田巻　倫明
2. ぐぐるプロジェクト/ラジエーションカレッジがもたらす効果　福島県立医科大学　アミール　偉
3. 放射線の正しい理解を広めるために　～今福島から伝えたいこと～　福島県立医科大学　五月女　康作
4. 放射線イメージ表現を用いた情報提供の有効性　兵庫教育大学　竹西　亜古

●**専門部会講座（放射線防護部会）専門編**

放射線被ばくによる人体影響　－組織反応と確率的影響－　川崎医療福祉大学　竹井　泰孝

●**専門部会講座（放射線防護部会）入門編**

X 線透視における被ばく管理　鹿児島医療センター　宮島　隆一

●**世界の放射線防護関連論文紹介**

① Communicating radiation risk to patients: Experiences among radiographers in Norway　神戸常盤大学　木村　英理

② Justification of CT practices across Europe: results of a survey of national competent authorities and radiology societies　藤田医科大学　小林　正尚

③ Effectiveness of staff radiation protection devices for interventional cardiology procedures.　金沢大学　医薬保健研究域保健系　松原　孝祐

④ Comparison of all solid cancer mortality and incidence dose-response in the Life Span Study of atomic bomb survivors, 1958-2009.　筑波大学 医学医療系　森　祐太郎

⑤ Radiation dose of the eye lens in CT examinations of the brain in clinical practice -the effect of radiographer training to optimize gantry tilt and scan length-.　広島大学病院　西丸　英治

⑥ Young people’s perspectives of thyroid cancer screening and its harms after the nuclear accident in Fukushima Prefecture: a questionnaire survey indicating opt out screening strategy of the thyroid examination as an ethical issue.　福島県立医科大学　大葉　隆

●**放射線防護部会誌／分科会誌インデックス**

JAPANESE SOCIETY OF RADIOLOGICAL TECHNOLOGY

巻 頭 言

DRLs 2025

放射線防護部会　委員　五十嵐　隆元
国際医療福祉大学成田病院

2020 年に改訂された診断参考レベル(Diagnostic Reference Level；DRL)であるが，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）では，2025 年度の改訂に向け動き始めた．DRL ワーキンググループ（WG）が組織され，本学会からの主委員として小生が，そして副委員として坂本肇先生，根岸徹先生，松原孝祐先生が加わっている．執筆時点では各モダリティ別のプロジェクトチーム（PT）を組織している最中であり，各 PT によりモダリティ別の活動が開始されることになる．各 PT への本学会からの主委員として，CT：松原孝祐先生，一般：五十嵐隆元，IVR：坂本肇先生，マンモ：根岸徹先生，核医学：對間博之先生，診断透視：加藤英幸先生，歯科：遠藤敦先生というメンバーで内定している．この後必要に応じ各 PT の副委員の選定を行うことになっている．

医療法施行規則の改正により，線量の管理が求められるようになり，その管理の方法としては DRL との比較が推奨されており，各医療施設ではそれぞれの検査等に対する施設の代表的な線量値を持ち合わせているはずである．この「施設の代表的な線量値」は法律により業務上求めなくてはならない数値であり個人情報とは紐づいていない．そのため倫理に対するハードルがほぼ無いかまたは低くなってきていることから，今回の DRL 改訂にあたってはより多くの線量データが集まるのではないかと期待し，より信頼性のある DRL が策定できることを願っている．また今回の DRL 改訂では，ICRP Publication 135 での言及に合わせる形で放射線治療における位置決め CT に対し DRL の設定を行うという動きも始まっており，いずれは放射線治療 PT が組織されるようになるかもしれない．

DRL はその性質上，普遍的な概念のものであるべきであるが，その中でも僅かな進化が起きている．DRLs 2025 改訂に向け，多くの方々のご支援・ご協力をお願いする．

最後になるが，2005~2010 年度：放射線防護分科会委員，2011~2014：放射線防護分科会長，2015~2022：放射線防護部会委員と，長らく放射線防護分科会（部会）に関わってきたが，今年度をもって放射線防護部会委員から退任することになった．今後は部会 OB として部会活動をサポートしつつ，放射線防護委員会委員長として DRLs 2025 改訂，ICRP シンポジウム等，重要案件に対応していきたいと考えている．

若返る新生放射線防護部会をよろしくお願いいたします．

放 射 線 防 護 部 会 誌 Vol. 23 No. 1（通巻56） (2023.4.13)

目 次

●巻頭言　DRLs 2025

国際医療福祉大学成田病院　五十嵐　隆元　・・・　1

●目次　・・・

3. Effectiveness of staff radiation protection devices for interventional cardiology procedures
（心臓インターベンション治療におけるスタッフの放射線防護デバイスの有効性）
金沢大学　医薬保健研究域保健学系　松 原　孝 祐　・・・　52

4. Comparison of all solid cancer mortality and incidence dose-response in the Life Span Study of atomic bomb survivors, 1958-2009. （原爆被爆者の寿命調査〔1958-2009 年〕における全固形がん死亡率および罹患率の線量反応比較）
筑波大学 医学医療系　森　祐 太 郎　・・・　56

5. Radiation dose of the eye lens in CT examinations of the brain in clinical practice - the effect of radiographer training to optimize gantry tilt and scan length -. （臨床現場における頭部 CT 検査の水晶体被ばく線量について―ガントリーの傾きとスキャン長を最適化するための放射線技師トレーニングの効果―）
広島大学病院　西 丸　英 治　・・・　59

Young people’s perspectives of thyroid cancer screening and its harms after the nuclear accident in Fukushima Prefecture: a questionnaire survey indicating opt out screening strategy of the thyroid examination as an ethical issue. （福島県における原発事故後の甲状腺がんスクリーニングとその弊害に関する若者達の考え：アンケート結果を基にした甲状腺検査のオプトアウト手法の倫理的問題）
福島県立医科大学　大 葉　隆　・・・　66

●放射線防護部会誌／分科会誌インデックス　・・・

教育講演

トリチウムの生体影響に関するエビデンス

田内　広
茨城大学大学院理工学研究科

１．はじめに

2023 年度は，福島第一原子力発電所にたまり続ける多核種除去装置（ALPS）処理水の海洋放出が開始予定となっている．政府および東京電力の計画による 1,500 Bq/L という放出時のトリチウム濃度は，1 mSv/年を担保する目的で設定された一般公衆の被ばく限度であるトリチウム水の排水濃度限度（60 Bq/mL）に対して 40 分の 1 であり，生体影響の発生が考えられるような濃度ではない．しかしながら，ALPS 処理水の取扱いに関する議論をきっかけとして，社会的にトリチウム生体影響への懸念が浮き彫りとなっている．ここでは，トリチウムの生体影響に関して科学的にどこまで明らかになっており，今後探求されるべき課題として何が残っているのかについて，原子放射線に関する国連科学委員会（UNSCEAR）の 2016 年報告書[1]を基本にしつつ，最近の研究動向を含めて概説する．

2.　トリチウムの性状と環境および生体内動態

多くの読者諸兄がご存知のように，トリチウム（^{3}H）は半減期 12.3 年で最大 18.6 keV の低エネルギー β 線のみを放出する放射性核種である．原子力関連施設からの放出が注目されがちであるが，もともと自然界に存在する天然放射性核種であることを忘れるべきではない．自然界の平衡量はおよそ 1,500 PBq 程度と推定され，主に大気上層において宇宙線と大気中の窒素，酸素との核反応によって年間でおよそ 70 PBq が生成されている．日本では季節や地域による変動はあるものの，雨水中に 0.5～1.0 Bq/L の濃度で含まれている[2]．一方，海洋水では希釈と物理的半減期による減衰によって雨水や河川水よりも低い濃度となる．なお，地上核実験が行われていた 1960 年代初頭には，世界の大気中トリチウム濃度が大幅に上昇し，ピークとなった 1963 年の関東地区の雨水中のトリチウム濃度は 100 Bq/L（現在の 100 倍）を越えていたことが記録されている[3]．

環境中のトリチウムの大半は，水分子の水素の一つがトリチウムに置換されたトリチウム水（HTO）であり，生体に取り込まれた場合に化学反応を通じて一部が有機物中の水素に置換される．有機物に含まれるトリチウムは有機結合型トリチウム（organically-bound tritium: OBT）と呼ばれる．自然界の OBT は基本的に生分解性であることから最終的には HTO に戻り，物理的半減期にしたがって減衰しながら生態系を循環することになる．

さて，ヒトのトリチウム代謝であるが，現在改訂中の ICRP モデル（現在は業務従事者対象のモデルであるが一般市民も基本的に同じである）では，HTO の形で体内に取り込まれたトリチウムは，およそ 95％が HTO のままで体内を循環し，約 10 日の生物学的半減期で排泄される．残り 5％は OBT に移行し，有機分子の化学形により（この化学形に関しては具体の記述がない）短期成分が約 40 日の生物学的半減期で，長期成分がおよそ 1 年の生物学的半減期で代謝・排泄されると想定されている（図1）[1]．また，これまでに報告されているデータは，天

然有機化合物の化学形である限り，トリチウムの生体濃縮が起きることはなく，基本的に環境中のトリチウム濃度にしたがって体内濃度が変動することが示されている．

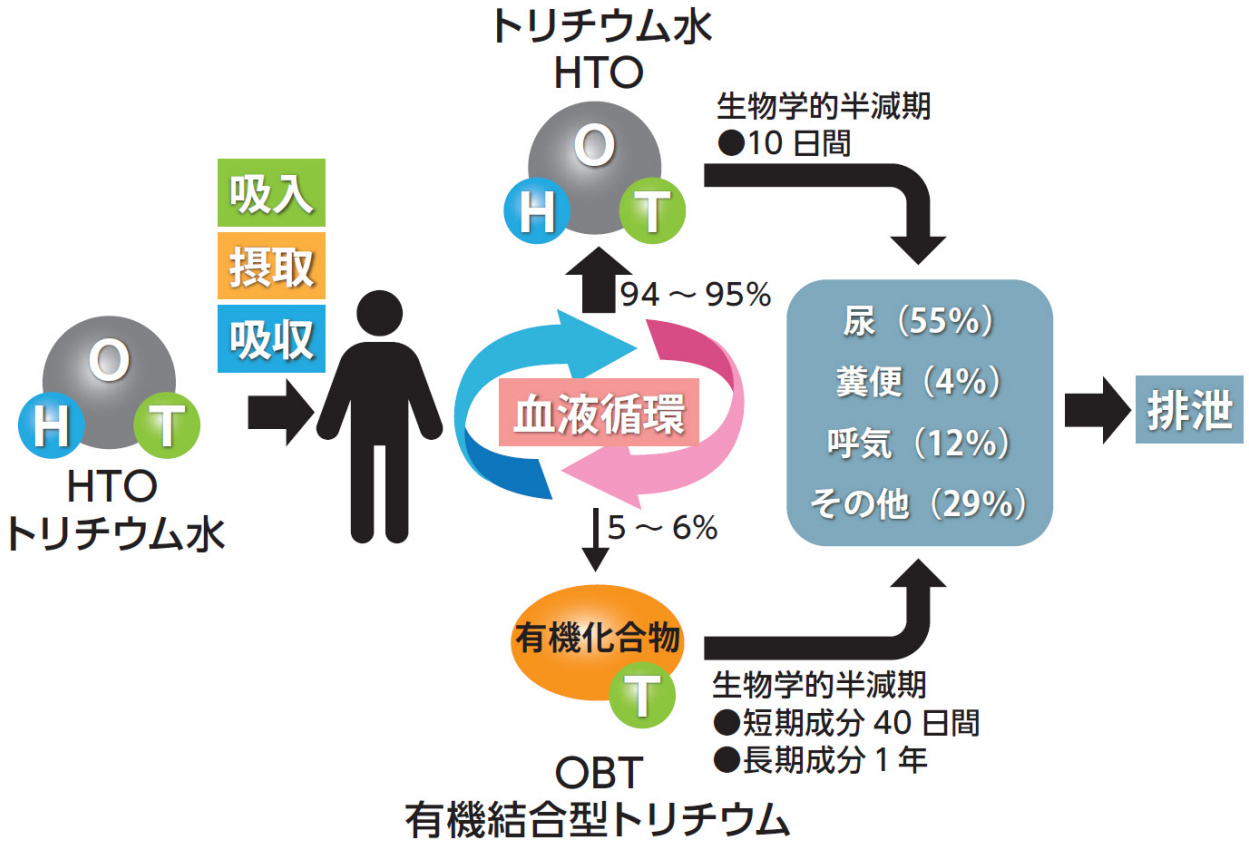


図1　摂取したトリチウム水（HTO）に関する新しい ICRP 代謝モデル

（出典：UNSCEAR 2016 ほか一部改変，文献4を元に作成）

3.　トリチウムによる生体被ばくの特徴

トリチウムからのベータ線は，低エネルギーであるが故に水中の最大飛程はおよそ 6 μm（平均飛程は 1 μm 未満）しかない．我々の身体を構成する細胞 1 個の大きさは，およそ数十～100 μm であることから，トリチウム β 線の最大飛程は細胞核の大きさにも達しない．当然のことながら，体外にあるトリチウムからのベータ線が皮膚の角質層を透過することはないため，ヒトをはじめとする動物のトリチウム被ばくは内部被ばくのみが考慮の対象となる[4]．環境中トリチウムの大半を占める HTO は水分子であることから，細胞内を含めて均一に分布する．したがって，HTO の被ばく線量は組織あるいは細胞レベルで均一となる．一方，OBT の場合は，化学形によって細胞内でも分布に不均一性が生じる場合が想定され，結果として細胞小器官レベルで被ばく線量が異なる可能性がある．後述するように，OBT による生体の被ばくに関しては，全ての化学形に対応した線量評価体系がないのが実情であるが，生体の主要な有機化合物であるアミノ酸や炭水化物の場合は比較的均一な分布となることから，現在使用されている有機トリチウム化合物の実効線量係数から桁レベルで外れることはないものと考えられる．

4. トリチウム生体影響の概要

先に述べたように，トリチウム生体影響の基本は低エネルギーβ線被ばく影響である．ベータ線は線エネルギー付与が比較的低いことから，他の放射線と比較してトリチウム被ばく影響が特別に大きいということは科学的には想定できない．実際，主に HTO を用いて過去に精力的に行われた生物学的効果比（RBE）を求める研究からは，多くの生体指標で RBE が 1.1 から 2.0 の範囲となっている[5]．このことから，ICRP が設定している実効線量係数を大きく変えるような状況でないことは明らかである（ベータ線の線質係数が 1.0 であることの適切性に関しては議論の余地は残る）．一方で，OBT による生体影響に関しては，生体内分布の不均一性が被ばく線量の不均一性につながるため，極端に偏って生体内に分布する有機化合物については，当該化合物が大量に存在する状況がありうるかどうかも含めて留意が必要であろう．なお，現実的な被ばくを考えれば，高濃度のトリチウムに曝露される状況がほぼ無いことから，明らかにされるべきは低濃度曝露の生体影響といえる．低濃度トリチウム曝露実験で科学的に議論可能なデータを得るには，長期を要する動物曝露実験を行うか，新規の高感度な実験系を作るしかない．報告例は限られるが，HTO をマウスに生涯飲ませ続けて寿命と発がんを調べた事例[6]と，培養細胞を用いた遺伝子突然変異の高感度検出系を用いた HTO 低濃度曝露実験の報告[7]がある．それら実験動物と細胞での結果は共通しており，1 日あたり数 mGy から 10 mGy を下回るレベルの HTO 連続投与は，発生頻度および影響の質の両面で自然発生事象に近づくという結果となっている．

5. 今後のために明らかにすべき学術的課題

UNSCEAR は，2016 年のトリチウム生体影響に関する報告書のなかで，より精密な生体影響評価を可能とするために取り組むべき課題をいくつか提示している[1]．最後にその一部を紹介しておきたい．

放射線の生体影響比較のためには線量評価が必須である．しかし，細胞内レベルで分布に大きな偏りを持つような OBT 化合物に関しては，化学形に対応した線量評価体系自体が確立できていない．この課題解決には，例えば有機化合物の性質に基づいてグループ分けしたうえで細胞内分布と滞留時間を詳細に解析し，そのデータに基づいて DNA 分子を標的としたマイクロドシメトリ体系を構築するといったことが求められる．加えて，OBT を（HTO も）低レベルで長期摂取した場合の生体影響を評価した実験研究データは十分ではないことから，トリチウム化合物の化学形に依存した体内動態や食物連鎖による移行動態，あるいは長期摂取による確率的影響の発生に関する実験データの強化が求められる．さらにヒトへの影響に目を向けると，作業従事者のトリチウム被ばく影響については，トリチウムの寄与分を抽出評価できるような国際的に標準化された解析方法の確立が必要であり，一般公衆については，そもそも明らかな被ばく事例がないことから，まずは一般的な環境と原子力関連施設周辺環境のトリチウム濃度に関する継続的な観測データの蓄積が必要であろう．

6. おわりに

トリチウムは，多くの国で原子力関連施設から環境中へ放出されているにもかかわらず，長年にわたってトリチウムに関する環境および生体影響研究を行ってきた研究グループがある国は，フランス，カナダ，日本の 3 カ国くらいしかない．なかでも日本は 40 年以上にわたり途切れることなく生体影響研究に関するデータと研究ノウハウが継承されてきた希少な国である．とはいえ，その研究者数はいまや片手に足りるほどのわずかな人数しかいな

いという現実がある. 福島の処理水が国際的にも注目を集める中, 処理水の当事国であり, これまで世界の先頭を走ってきた日本のトリチウム生体影響研究がこのまま衰退してゆくことがあってはならないと考えている. 今一度, 日本が中心となった国際協力による体系的な研究組織が構築され, UNSCEAR 報告書が掲げた課題の解決に向け精力的な研究が推進される日が来ることを願ってやまない.

参考文献

1) UNSCEAR 2016, Sources, effects and risks of ionizing radiation, Annex C Biological effects of selected internal emitters Tritium, 2016. (和訳版: 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 2016 年報告書 科学的附属書 C, 内部被ばく核種の生物学的影響 -トリチウム-, 環境科学技術研究所, 2022. https://www.ies.or.jp/publicity_j/data/unscear_2016annex_v2.pdf)
2) Akata N et al., Tritium concentrations in the atmospheric environment at Rokkasho, Japan before the final testing of the spent nuclear fuel reprocessing plant, J. Environ. Radioact. 102, 837–842, 2011.
3) 宮本霧子, 海生研ニュース 99, 5-8, 2008.
4) 一般社団法人 日本放射線影響学会 編, トリチウムによる健康影響. 2019. https://www.jrrs.org/assets/file/tritium_20191111.pdf
5) 馬田敏幸ほか, トリチウム生物影響研究の動向 2.トリチウムの生体影響評価. プラズマ核融合学会誌 88, 190-197, 2012.
6) Yamamoto O et al. Oral administration of tritiated water (HTO) in mouse. III: Low dose rate irradiation and threshold dose rate for radiation risk. Int. J. Radiat. Biol. 73, 535 541, 1998.
7) Nagashima H et al. Induction of somatic mutations by low concentrations of tritiated water (HTO): evidence for the possible existence of a dose-rate threshold. J. Radiat. Res. 62, 582-589, 2021.

1. 福島県「県民健康調査」における リスクコミュニケーション活動

田巻　倫明
福島県立医科大学　医学部　健康リスクコミュニケーション学講座

１．はじめに

福島県民健康調査は，平成 23 年 3 月に発生した東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故による放射性物質の拡散や避難等を踏まえ，県民の被ばく線量の評価を行うとともに，県民の健康状態を把握し，疾病の予防，早期発見，早期治療につなげ，将来にわたる県民の健康の維持，増進を図ることを目的としており，福島県から委託を受け福島県立医科大学放射線医学県民健康管理センターが実施している．本調査によって明らかとなった知見を，福島県民を始め広く日本国内外へ発信していくことも大きな任務の一つである．本発表では，本調査によって明らかになってきた知見やその広報活動，いわゆるリスクコミュニケーション活動を紹介する．

2. 県民健康調査の概要とこれまでの知見

本調査の概要や知見については，常時，福島県立医科大学放射線医学県民健康管理センターホームページにて公開しており，是非一覧頂きたい．（https://fhms.jp/）当ホームページでは，年次報告書及び 2011～2020 年報告書が掲載されており，各調査の結果が公表されている（https://fhms.jp/fhms/outline/report/）．また，2022 年 12 月には，日本疫学会の学会誌である Journal of Epidemiology の特集号として，「県民健康調査」のこれまでの成果などをまとめた 11 本の英語論文が発表された．県民健康調査は，外部被ばく線量を推計する「基本調査」と，「甲状腺検査」「健康診査」「こころの健康度・生活習慣に関する調査（ここから調査）」「妊産婦に関する調査」の 4 つの詳細調査で構成されている．これらの調査結果の概要についてまとめたい．

基本調査による震災直後 4 か月間の線量評価では，調査に協力頂いた一般住民の方の 99.8%の外部被ばく線量は 5 mSv（実効線量）未満で，最大値は 25 mSv であった．これまでの疫学調査の報告などからも，当事故後の放射線による健康影響があるとは考えにくいと評価されている．

甲状腺検査は，平成 4 年 4 月 2 日～平成 23 年 4 月 1 日までに生まれた福島県民を対象に，子供たちの甲状腺の状態を把握し，健康を長期に見守る目的で行われている．令和元年 7 月の福島県「県民健康調査」検討委員会では，「現時点において，本格検査（検査 2 回目）に発見された甲状腺がんと放射線被ばくの間の関連は認められない」との見解が承認されているが，影響評価のためには長期に渡る情報の集積が不可欠であり，検査への参加の任意性を担保しながら調査が継続されている．一方で，これま

で本検査を通じて甲状腺癌と診断されている方に対する支援を継続することは非常に重要である．

健康診査では，放射線の直接的な影響と考えられるような白血球減少などは認められてはいない一方で，避難等による生活環境の変化の影響によると考えられる肥満，高血圧症，脂質異常，糖尿病，腎機能障害，肝機能障害，高尿酸血症，多血症の増加がみられている．一部の改善傾向が認められている項目もあるが，今後，生活習慣病の悪化などが懸念される．

ここから調査では，震災直後には成人の精神健康度の極端な悪化が認められ，回復傾向があるものの現在でも全国指標よりハイリスク率が高い値で推移していることが分かっている．子どもの精神健康度は，震災直後にハイリスク率が増加したが，現在では先行研究のハイリスク率とほぼ同等まで改善している．また，ここから調査では，質問紙調査結果に基づいた様々な支援を継続しており，特に電話支援については年間約 3,000 件の架電支援を行い，令和 4 年末現在までにのべ 3 万人以上の方に電話支援を実施している．

妊産婦に関する調査では，福島県内の早産率，低出生体重児出産率，胎児奇形発生率などが，全国調査の値や一般的な水準と変わりがなく，福島県内での妊娠・出産の安全性が示された．一方で，震災直後の平成 23，24 年度にうつ傾向を示す母親の割合が高く，その割合はその後のフォローアップ調査でも高いまま推移していることが分かっている．震災および原発事故が事故当時や直後の妊婦に及ぼした精神的影響に対して継続支援が必要である．

3. 県民健康調査の広報・リスクコミュニケーション活動

放射線医学県民健康管理センターは，日本国内外に対して調査の進捗と結果に関する情報発信を目的に，2018 年度より国際シンポジウムを開催している．2022 年度（2023 年 3 月）は「ともに考える福島の健康・暮らし・未来」をテーマに，Journal of Epidemiology 特集号で報告された結果を紹介し，県民健康調査の対象となっている地域の住民の方々や社会とのコミュニケーションについて議論する予定である．本シンポジウムは，同時通訳を用い日本語と英語を用い，幅広い方々を対象にしている．

また，当センターでは，健康診査とここから調査の対象地域である 13 市町村と継続的に連絡会を実施している．検討委員会や各調査の結果などを，各市町村の保健行政に携わっている職員（保健師など）の方々に情報提供し，各自治体の保健行政に反映させると共に，現状やニーズを伺いながら可能な支援を継続している．本リスクコミュニケーション活動は県民健康調査において重要な活動の 1 つであり，今後も継続，充実していく方針である．

福島県立医科大学 放射線医学県民健康管理センターホームページ

Journal of Epidemiology 別冊「福島特集号 - 東日本大震災後の 10 年」

2. くぐるプロジェクト/ラジエーションカレッジがもたらす効果

アミール　偉
福島県立医科大学　医学部　放射線健康管理学講座

1. はじめに

環境省は 2021 年 7 月，福島原発事故に伴う放射線の健康影響に関し，放射線による差別・偏見をなくすとともに，「情報を読み解く力」と「風評にまどわされない判断力」を身につける場を創出するための「ぐぐるプロジェクト」をスタートさせた．プロジェクトの頭の3文字である「ぐぐる」とは，「学び知をつむぐ」「人・街・組織をつなぐ」「自分ごととして伝わる」の，最後の文字から取ったものである（図 1）．

同プロジェクトは，5つの事業（知る・学ぶ・決める・聴く・調べる）から構成されているが（図2），中でも「学ぶ」である「ラジエーションカレッジ」は，各教育研究機関の関係者にも深く理解され，1年目には高校と大学合わせて 1,300 名を超える学生が参加し，2年目に入ると職域でのセミナー開催が実現するなど，着実に活動の広がりを見せつつある．

本稿では，「ぐぐるプロジェクト」の中でも参加・発信型である「ラジエーションカレッジ」に注目し，講演者が実施したインタビュー調査の概要を報告する．

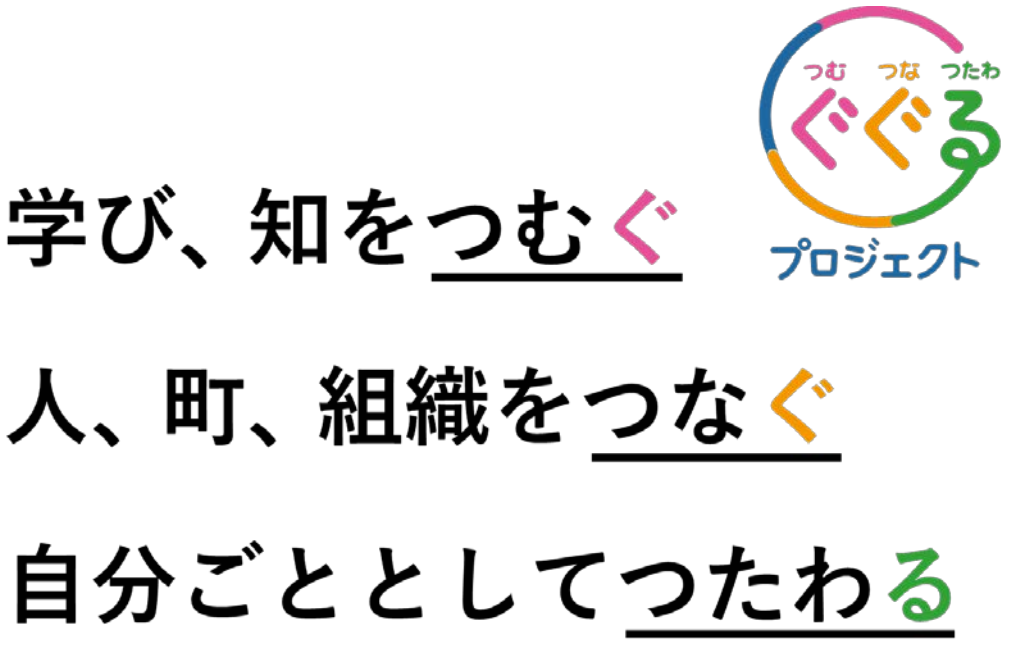


図1：ぐぐるプロジェクトのテーマ

図2:ぐぐるプロジェクトにおける5つの事業

2. 背景

(株)三菱総合研究所が，東京都民を対象として 2020 年に実施した放射線の健康影響に関する調査項目の中に，(※)「現在の放射線被ばくで，次世代以降の人(将来生まれてくる自分の子や孫など)への健康影響が福島県民の方々にどのくらい起こると思いますか？」という問いがある．この問いに対し，およそ 40%の都民が「可能性は高い」，あるいは「可能性は非常に高い」と回答した．また，翌年の環境省の調査では，回答者を日本全国に広げたが，福島県を除いてほぼ同様の結果が出ている(図3)．

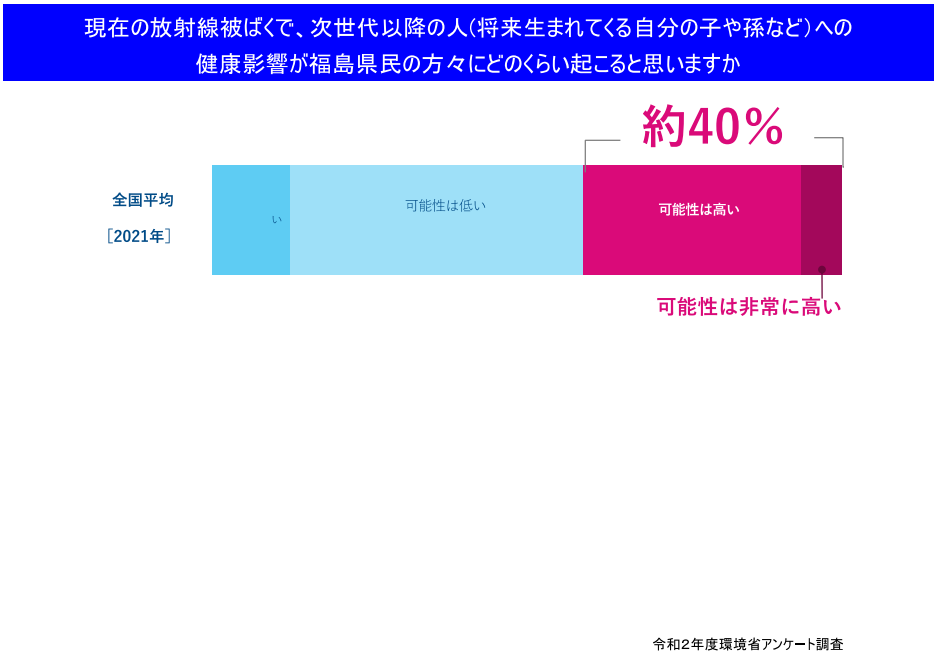


図３：環境省調査結果（2021 年３月実施）

ヒトにおける放射線被ばくに伴う遺伝影響（確率的影響）に関して，広島・長崎での被爆者の２世や，チョルノービリ原発事故後に生まれた子供を対象とした研究から，先天性疾患の増加（遺伝的な影響）は認められていない（Yamada et al. (2021), Yeager et al. (2021)）．福島原発事故後に，放射性物質の拡散があり，被ばくを受けた方々がいることは事実であるが，被ばく量の推定値は UNSCEAR2020/2021 レポートにも記載されているとおり，健康に大きな支障が出るレベルではない（UNSCEAR 2020/2021 Report）．

一方で，国民の約４割が「放射線の健康影響に関する誤った情報」を持つが故に，福島出身の方が結婚や就職において謂れのない差別を受ける状況が未だに続いている現状がある．そこで環境省は，国民が持つ「放射線の健康影響に係る情報」をアップデートし，誤解・偏見・差別をなくすことを目的に「ぐぐるプロジェクト」をスタートさせた．プロジェクトの当面の目標は，先の質問（※）に回答する人を国民全体の 40%から 20%へ減らすことである．

3. ラジエーションカレッジの特徴

「ぐぐるプロジェクト」の主軸となっているラジエーションカレッジは，放射線の健康影響に関する学びを深め，発信する場である．そのステップは，１つ目に「学びの場」への参加，２つ目に「発信の場」への参加がある．１つ目は，放射線に関する講義を受講するもので，(a) オンラインセミナーへの参加，(b) アーカイヴ動画の視聴，(c) 出前講座への参加，の３つのオプションがある．２つ目は，希望する部門への応募である．令和４年度であれば，個人またはグループ（２名～６名）で，(i) プレゼン部門，(ii) 台詞作成部門，(iii) 漫画作成部門，(iv) CM 部門，(v) POP 部門への応募が可能であった（図４）．セミナーを受講し，応募した作品（録画したプレゼンテーション）は，複数の審査員により審査され，優秀賞が決定された．

図４：令和４年度の「ラジエーションカレッジ」フライヤー

4. インタビュー調査の実施方法と結果

2022 年 10 月 27 日，東京工業大学附属科学技術高等学校にてラジエーションカレッジセミナー（出前講座）が開催され，20 名ほどの生徒が参加した．タイトルは「情報の信頼性を考える」であり，著者が講演を行った．セミナーの詳細については，東京工業大学のニュースページに記載されており，当日のセミナー内容は，以下に示す３点である．

１）情報の信頼性とは（一次情報と二次情報の違い）
２）論文の査読過程と信憑性について
３）福島原発事故後の放射線被ばくに伴う健康影響に触れた論文とその検証論文

2023 年２月，セミナーに参加した同校生徒に対してインタビューへの協力を依頼し，回答のあった 14 名のうち６名へ，半構造化インタビューを実施した．インタビューは，学校の授業終了後（放課後），１対１で対面にて実施した．インタビューに協力してくれた生徒は，男子４名・女子２名であり，学年は２年生１名（男子），残り５名は１年生であった．

インタビューで実施した質問の内容は，大きく以下の３つに分けることができる．

１）放射線に対する印象
２）ぐぐるセミナーの受講
３）「発信の場」への参加

暫定的な結果として，「放射線に対する印象」に関しては，自身の経験や幼少期の親の言葉，テレビの影響などが挙がった．「セミナーに参加して得られたもの」としては，放射線の遺伝影響に関する知識のアップデートに加え，普段の生活で得ている情報の捉え方や，差別・偏見に関して考える機会が挙げられた．また，セミナーの受講後に家族や親へ話す生徒が多く，セミナーの二次的な効果が明らかになった．「発信の場」への参加は，高校生にとって「ハードルが高い」と感じるようであるが，「発信の場」参加のための講義の開催などによって改善できるであろう．

参考文献

Yeager M, Machiela MJ, Kothiyal P, Dean M, Bodelon C, Suman S, Wang M, Mirabello L, Nelson CW, Zhou W, Palmer C, Ballew B, Colli L, Freedman ND, Dagnall C, Hutchinson A, Vij V, Maruvka Y, Hatch M, Illienko I, Belayev Y, Nakamura N, Chumak V, Bakhanova E, Belyi D, Kryuchkov V, Golovanov I, Gudzenko N, Cahoon EK, Albert P, Drozdovitch V, Little MP, Mabuchi K, Stewart C, Getz G, Bazyka D, Berrington A, Chanock SJ, “Lack of transgenerational effects of ionizing radiation exposure from the Chernobyl accident”, Science 2021 (May); 372(6543):725-29

Michiko Yamada, Kyoji Furukawa, Yoshimi Tatsukawa, Keiko Marumo, Sachiyo Funamoto, Ritsu Sakata, Kotaro Ozasa, Harry M. Cullings, Dale L. Preston, and Paivi Kurttio. “Congenital Malformations and Perinatal Deaths Among the Children of Atomic Bomb Survivors: A Reappraisal”, Am J Epidemiol. 2021;190(11):2323–2333

UNSCEAR 2020/2021 REPORT VOLUME II Sources, effects and risks of ionizing radiation (https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020_2021_2.html)

東工大ニュース 「環境省“ぐぐるプロジェクト” 「ラジエーションカレッジ」セミナーを附属高校にて開催」（https://www.titech.ac.jp/news/2022/065418）

3. 放射線の正しい理解を深めるために
～今福島から伝えたいこと～

五月女　康作
福島県立医科大学　保健科学部　診療放射線科学科

私は今，福島県立医科大学で「福島県に向けられた放射線に係る偏見」を払拭する仕事に環境省と一緒に取り組ませていただいております．例年行われている環境省放射線の健康影響に関する情報発信実施業務 アンケート調査（2022 年 3 月）をご存知でしょうか？「東京電力福島第一原発事故の被災地における，将来生まれてくる子や孫などへの放射線による健康影響について，あなたはどのように思いますか？」という問いに対し，全国平均で 41.2%が「可能性は（非常に）高い」と回答しました．これが大きな誤解・偏見であることは言うまでもなく，これが福島県の被災地出身の若者たちに突きつけられた現実です．環境省は 2025 年までにこれを半減させるために“ぐぐるプロジェクト”を立ち上げました（https://www.env.go.jp/chemi/rhm/portal/communicate/）．“ぐぐるプロジェクト”では全国の大学生や有名企業を対象としてセミナーを開催したり，新しいメディア創作（落語，漫画，動画など）をしたりして放射線に関する情報をただ伝えるだけでなく行動経済学を取り入れて多角的に“自分ごととして伝える”取り組みが行われており，私たち福島県立医大もその活動に一緒に取り組んでおります．

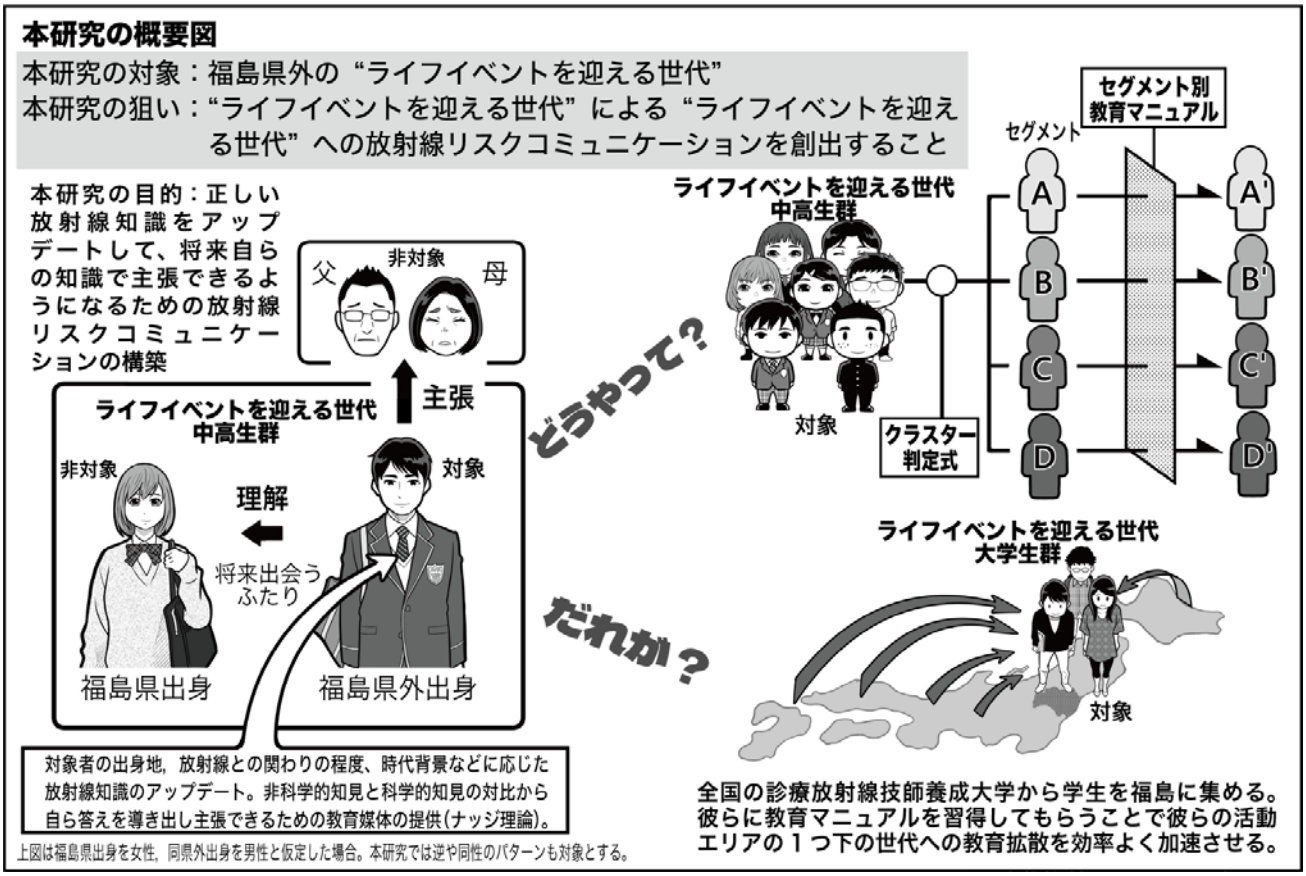
東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所の事故が発生した 2011 年から今年で 12 年が経過しました．当時幼児期であった世代は現在中高生になっている．上述のように彼ら（ライフイベントを迎える世代）に向けた偏見や差別は今も根強く潜在しています．しかし，これから約 10 年後，彼らがライフイベント（交友，結婚，出産）を実際に迎えるときに偏見や差別から生まれる不利益を受けることは絶対にあってはなりません．そのためには偏見や差別を生み出す根源になっている「正しい放射線理解の欠如」をタイムリーに是正しなくてはならず，これからの数年間はまさに待ったなしの年期と言えます．本研究はこの状況を打開するため“ライフイベントを迎える世代”に向けて放射線知識を効果的にアップデートするための放射線リスクコミュニケーションを実践するものであり，10 年前でも 10 年後でもなくまさに“今”やらなくてはいけない課題の解決を目指すものです．

環境省が掲げた目標を達成するためにはこのような幅広い世代への周知と同時に，ターゲットを絞って草の根的に教育することを同時に進めていく必要があると考えます．一方で，「正しい放射線理解の欠如」を是正して放射線に対する偏見や誤解を解くためには対象者の放射線リテラシーを判定して，対象者の理解のどこをアップデートすればいいかを明らかにしなくてはいけないが，現在そのための有効な手段は存在しません．そのため我々はもう 1 つのプロジェクトとして，“たんぽぽプロジェクト”を立ち上げました．本プロジェクトの目的は，「放射線の正しい理解」を適切に伝えることができるエヴァンジェリスト（伝道師）を育成することであり，この環境省の目標に貢献することであり加速させる

ことであります．その手段としては，まず対象の特徴（放射線への態度）を判定できるツール（判定式）を開発し，次に分別された各セグメントの特徴に応じた放射線リスクコミュニケーションを実践し，その効果検証を繰り返していくことで教育マニュアルを再構築し続ける．そのためにこの教育実践を継続できるように安定的で持続的なサイクルを回すことができるプラットフォームを構築することを本プロジェクトの出口戦略に定めています．

このエヴァンジェリスト（伝道師）の対象は，基本的には「放射線の基本的な知識を有している者」と考えています．例を挙げると，診療放射線技師，放射線科医を初め，本プロジェクトでは診療放射線技師養成大学の 3 年生も対象として考えています．それによって全国の“ライフイベントを迎える世代”に対して“ライフイベントを迎える世代”が教育する体制を構築します．現在，このプロジェクトで重要な鍵を握る判定式の開発に取り組んでおり，その過程で多くの分析調査を実行している最中です．

本セッションでは，“ぐぐるプロジェクト”および“たんぽぽプロジェクト”の取り組みを紹介させていただきます．同時に，本プロジェクトを推進していくためには放射線防護の分野において活躍されている方々をはじめ会場の多くの皆さまのご協力と理解が欠かせません．当日はこの日本が抱えた問題について一緒に考えディスカッションできる場になってくれることを願っております．



4. 放射線イメージ表現を用いた情報提供の有効性

竹西　亜古
兵庫教育大学大学院

一般の方の放射線理解が進まないのは何故でしょう？　端的にいえば関心がないからです．関心がないことに人は見向きもしません．しかし放射線を使った検査や診療で病院を訪れる人は異なります．自己関与が高いからです．自分事となると誰しもが高い関心を示します．放射線に対する自己関与が高い人たちと直接，話ができて，説明できる診療放射線技師の役割は，患者さん本人だけでなく，その家族も含めた一般人の放射線理解を進める上で極めて重要です．単に安全だと伝えるだけではなく，検査や診療のメリット・デメリットを，何故そうなのか，放射線の科学的な理由に踏み込んで説明することが，ますます求められていくでしょう．

けれど相手はなかなか手強いです．わたしたちの研究チームが技師に訊ねた調査では「思いもかけない質問」や「びっくりするような話」をされたという人が回答者の 40.3%に上っています．何故，このような事が起きるのでしょう？

ここで知識の構造について考えてみます．知識は単体では成立しません．たとえば「猫」という知識を考えてみましょう．その知識は，多種ある毛色（三毛・サビ・トラ・白黒等など）の知識と結びついていますし，独特の動作や行動の知識とも結びついています．さらに猫科の野生動物と結びついている場合もありますし，人によっては猫缶やカリカリのブランド，鳴き声や撫でた感触，さらには岩合光昭さんにも結びつくでしょう．このように知識はネットワーク的に結びつく構造をなしています．そして，それはその人の経験によって作り出された，その人特有のものです．猫を愛するわたしは岩合さんまで行きますが，人によっては，誰それ？と，繋がってない場合もあります．また繋がる先が事実でないこともありえます．猫又伝説も猫から繋がる知識です．

放射線のような科学的知識のネットワークを成立させることは，日常の生活では難しいです．専門的な教育を要します．かといって患者や家族に一から勉強してもらう訳にはいかないでしょう．そこで，わたしたちの研究チームはある方法を提案しています．それは，「一般の人が持っている既存の知識ネットワークに繋げる形で，放射線の情報を提供する」という方法です．

新たな知識を獲得するということは，初めて接した情報を自分の持っている知識ネットワークに繋げ，位置づけることです．放射線知識ネットワークを持っている人にとって，放射線の最新情報は苦もなく位置づけられます．では，持っていない人に対しては？　答えは，放射線情報のほうを，日常生活的な知識・多くの人が共有している知識のネットワークに繋がるような形に変えて提供する，です．これを，わたしたちは「放射線イメージ表現」と呼んでいます．

放射線イメージ表現は，目に見えない放射線の振る舞いや性質を可視化できるイメージに置き換えた

ものです．可視化できるもの，見たり聞いたりしたことのあるもの，に置き換えることで，既存の知識ネットワークに結びつけことが容易になります．

技師のみなさんは，一般の人々にとって身近なリスクコミュニケーターです．そのことを意識して医療現場に立ってください．「思いもかけない・びっくりした」ではなく，それらの人々の知識ネットワークに繋がる説明を心がけてください．図やイラストによる可視化・イメージ化も有効です．リスクコミュニケーションは，関わる当事者が手を取り合ってリスクに向き合う相互作用です．そのためには，互いの特性を理解し，尊重することが第一歩なのです．

放射線被ばくによる人体影響―組織反応と確率的影響―

竹井　泰孝
川崎医療福祉大学　医療技術学部　診療放射線技術学科

１．はじめに

放射線被ばくによる人体影響は，細胞に入射した放射線が細胞核内の DNA を損傷させることに起因する細胞死や突然変異などの細胞レベルの放射線影響に様々な要素が加わり，個体レベルの放射線影響に発展すると考えられている．

個体レベルの放射線影響を与える領域に着目した身体的影響・遺伝的影響や，被ばく後の放射線影響の発生時期に着目した急性障害や晩発障害，さらに放射線防護の立場から被ばく線量に着目した組織反応（確定的影響）と確率的影響などに分類されている．

本稿では放射線防護の立場から被ばく線量に着目した放射線影響である組織反応（確定的影響）と確率的影響について解説を行う．

2. 放射線の人体に与える影響

放射線による身体的影響は放射線被ばくの「有無」ではなく，その「量」が問題となる．人体が放射線被ばくによって身体に影響を及ぼすかどうかは，外部被ばくか内部被ばくか，全身被ばくか局所被ばくか，局所被ばくであればどこに受けたか，どのくらいの量の放射線をどのくらいの期間で受けたかなどによって決まってくる．

全身被ばくでは，全ての臓器・組織で放射線の影響が現れる可能性がある．また身体の限局された部分的に放射線を受ける局所被ばくは，被ばくした臓器・組織に影響が現れる．放射線感受性は臓器・組織によって異なり，局所被ばくでは被ばく部位に高感受性臓器が含まれているか否かによって影響の現れ方が大きく異なってくる．また内部被ばくでは放射性物質が蓄積しやすい臓器・組織で被ばく線量が高くなり，その臓器・組織の放射線感受性が高い場合には，放射線による影響が現れる可能性が高くなる．

細胞の核内には生命の設計図である DNA が存在する．DNA は糖，リン酸基，4 種類の塩基の 3 つから構成されており，糖とリン酸基は互い違いに結合した 2 重らせん構造となって DNA の骨格を形成している．DNA の塩基配列には遺伝情報が組み込まれており，塩基配列を保つために互いの塩基鎖が鋳型状に組み合わされている．細胞に放射線が照射されると，細胞内の水や核内の DNA 分子が相互作用によって電離・励起して DNA 損傷が発生する．DNA 損傷は塩基変化と DNA 鎖切断に分類され，放射線が直接 DNA 分子の電離・励起を引き起こし，DNA のラジカル生成につながる直接作用と，標的以外の分子が電離・励起された後ラジカルが生成され，そのラジカルが DNA 分子を攻撃する間接作用に分けられる．X 線やγ線

などの低 LET 放射線は直接作用よりも間接作用の寄与が大きく，間接作用の主役は水分子由来のラジカルであり，特に･OH ラジカルは DNA 損傷への寄与が大きい[1]．

近藤はヒトの細胞への X 線，γ線照射で起きる DNA 損傷の種類と量を自然に起きる DNA 損傷の量との比較を行い, 塩基損傷では 1 つの細胞に 1 日あたりに起きる自然の傷は 20,000 箇所, 1 本鎖切断は 50,000 箇所，2 本鎖切断は推定 10 カ所，放射線による傷は 1 つの細胞に 1 Gy あたり塩基損傷は 300 箇所，1 本鎖切断は 1,000 箇所，2 本鎖切断は 30 箇所に生じたと報告している[2]（図 1）.

損傷	自然発生（/細胞/日）	放射線誘発（/細胞/Gy）
塩基損傷	20,000	300
一本鎖切断	50,000	1,000
二重鎖切断	10	30

近藤宗平、日本原子力学会誌、Vol. 40, No.7, 13-19 (1998)

図 1　X 線，γ線照射で起きる DNA 損傷の種類と量を自然に起きる DNA 損傷の量との比較

このような DNA 損傷の原因は放射線以外にも食物の中の発がん物質や喫煙，環境中の化学物質，活性酸素等があり，1 日 1 細胞当たり 1 万～100 万箇所の頻度で DNA が損傷を受けているといわれている[3]．低線量放射線による DNA 損傷は，代謝に伴う損傷に比べて圧倒的に少ないが，放射線は局所にエネルギーを与えるため，複数の DNA 損傷が複合した複雑な損傷を作る．また，放射線による影響の約 85%は放射線によって生じた活性酸素等による間接作用であり，約 15%が放射線による直接作用によるものである[1]. DNA 損傷が起きると塩基損傷部位にグリコシラーゼ酵素が損傷部位に結合し，AP-エンドヌクレアーゼが DNA 鎖に切れ目を入れて損傷した DNA 鎖を除去する. 除去によって生じた DNA 欠損部は DNA-ポリメラーゼによって充填されるが，DNA 鎖の切り目自体は残存しており，この切れ目を DNA-リガーゼが修復を行って DNA 鎖の修復が終了することにより, DNA は遺伝情報を失うことなく完全に修復される[1]. (図 2) DNA 鎖切断や塩基損傷は，放射線被ばく後 1,000 分の 1 秒という短い時間で発生する．しかし被ばくの 1 秒後には修復が始まり，修復に失敗した場合には 1 時間～ 1 日の間に細胞死や突然変異が起こる．細胞レベルでの反応が生じてから，個体レベルで臨床症状が出るまでには潜伏期間が存在し，被ばく後，数週間

以内に症状が生じるものを急性（早期）影響，比較的長く掛かって生じる影響を晩発影響と呼び，特にがん発症は被ばく後数年から数十年と長い時間を要する[1]．（図 3）

人体に照射された放射線は細胞内での相互作用でフリーラジカルを発生させ，遺伝子の本体である DNA を損傷させるが，生体細胞が本来持っている修復機能によって損傷が修復される．損傷が軽度であれば DNA は完全に修復されるが，損傷の程度が大きければ修復しきれず細胞死を迎える．細胞死の数が少なければ他の細胞が機能を代行することで臓器や組織の機能障害は生じないが，細胞死の数が多ければ脱毛や白内障・皮膚障害といった急性障害や胎児発生障害等の組織反応（確定的影響）が生じる可能性がある．また不完全に DNA が修復された細胞が生き長らえた場合には突然変異の原因となり，後述する発がんや遺伝性影響などの確率的影響が生じる可能性がある．

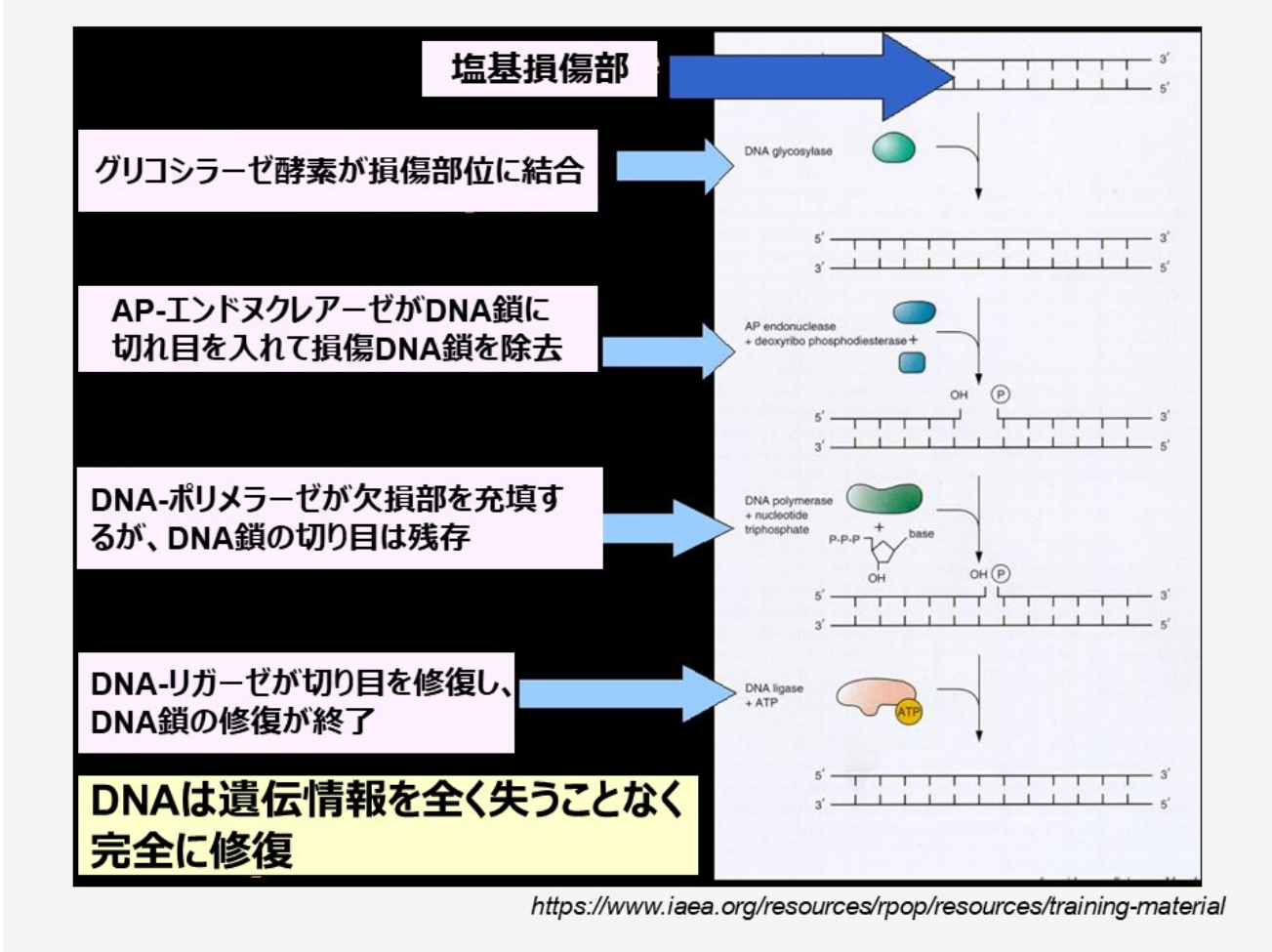


図 2　DNA 損傷の修復過程

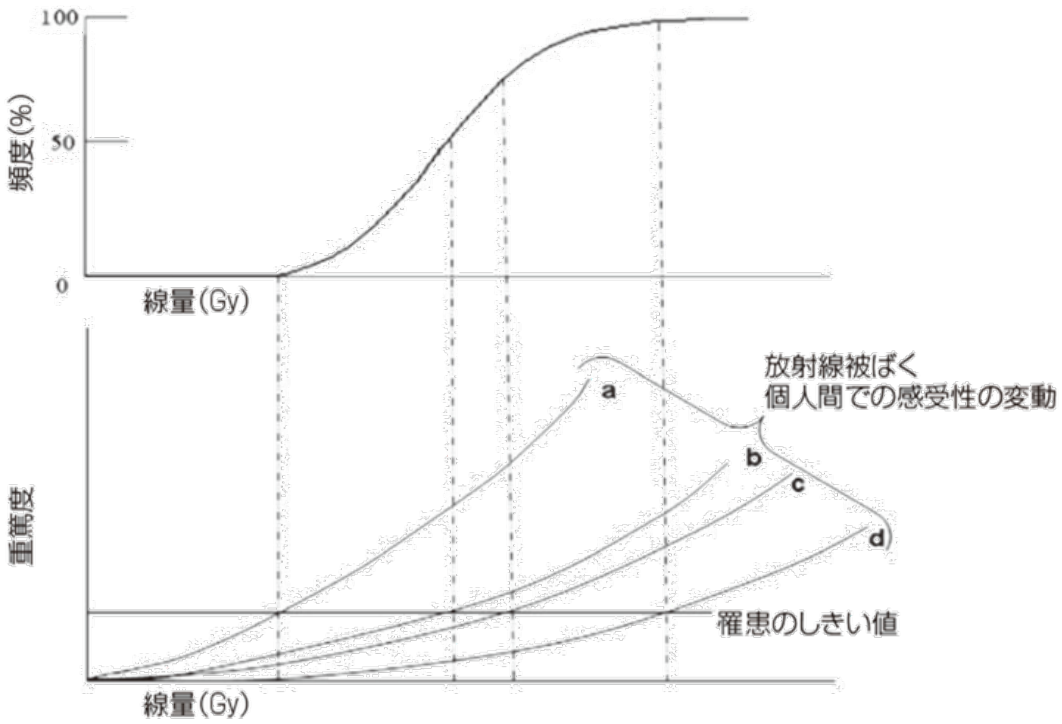


図 1.1　線量と，組織反応の頻度または重篤度との関係性
上：様々な感受性の個人から成る集団における線量による発生率（頻度）の変化。
下：全集団を構成する放射線感受性が異なる４つのサブグループ（a が最も放射線感受性が高く，d が最も放射線感受性が低い）に関する線量 対 応答重篤度の関係性。
Publication 60（ICRP, 1991；Hendry ら, 2006）を改変。

図 3　線量と組織反応の頻度または重篤度の関係

3. 組織反応（確定的影響）

組織反応（確定的影響）とは，発癌と遺伝的影響以外のすべての放射線障害を示す．確定的影響にはこれ以下なら影響が生じない，これ以上なら影響が生じるという「しきい線量」が存在する．しきい線量を超えると一度にたくさんの細胞死や変性が起こり，影響の発生率は急激に増加し，被ばく線量が増加するに伴って発生する放射線障害の重篤度が増加するという特徴がある[3]．（図 4）

ICRP は Publ. 26 で影響の起こる確率と重篤度の両方が線量と共に変わり，線量反応関係にしきい値がありうるような影響として「非確率的影響」という名称が与えられていた[4]．しかし Publ. 60 で「非確率的」の表現では細胞レベルで起こっている確率的事象を否定することになるため，被ばくと影響との因果関係が明確であるという特徴に着目した「確定的」という用語に置換され，「非確率的影響」を「確定的影響」と言い換えられ，最初に起こった事象の程度で結果が決定されるという意味で“deterministic”という言葉が当てられた[5]．その後の研究で確定的影響は，身体内部の反応や薬など外部からの要因が結果の表れ方に影響を及ぼすことが明らかとなり，「確定的」という表現が適切ではないことが分かってきた．そのため Publ. 103 以後は「組織反応（tissue reaction）」という言葉が採用され[6]，徐々に「確定的

影響」にとって代わりつつあるため，本稿では確定的影響を「組織反応」と表記することとした．また，近年の分子生物学的手法も取り入れた実験から，放射線が当たらない細胞にも放射線の影響が及ぶこと（標的外への影響）が明らかになり，ICRP は Publ. 103 でその新たな知見について言及しているが，「まだ人の防護体系に取り込むまでには成熟していない」という立場を表明している [6]．組織反応では放射線が少し当たって多少細胞が死に至ったとしても，残りの細胞だけで組織や臓器が十分に機能すれば臨床症状は現れない．放射線の量が増えて死に至る細胞の数が増加すると，その組織や臓器の機能が一時的に衰えて臨床症状が出ることがあるが，正常の細胞が増殖すれば症状は回復する．さらに大量の放射線を浴びて組織や臓器の細胞の損傷が大きい場合には，永久的な機能喪失や形態異常が起こる可能性がある．

このように組織反応は主に高線量被ばく後の細胞死や細胞の機能不全によってもたらされ，臓器や組織の多くの細胞が障害を受けることによって発生することが明らかとなっている [5]．また，細胞の放射線感受性は，細胞分裂が盛んで分化の程度の低い細胞ほど高い傾向がある．例として骨髄にある造血幹細胞は，盛んに分裂しながら血中の様々な血液細胞に分化する．造血幹細胞から分裂が進んだ未分化な造血細胞の放射線感受性は極めて高いため，少量の放射線で細胞死が発生して様々な血液細胞の数が減少する．また消化管上皮細胞も新陳代謝が激しいために放射線感受性が高くなる．一方，成体では細胞分裂をしない神経組織や筋組織は放射線に強いことが知られている [3]．

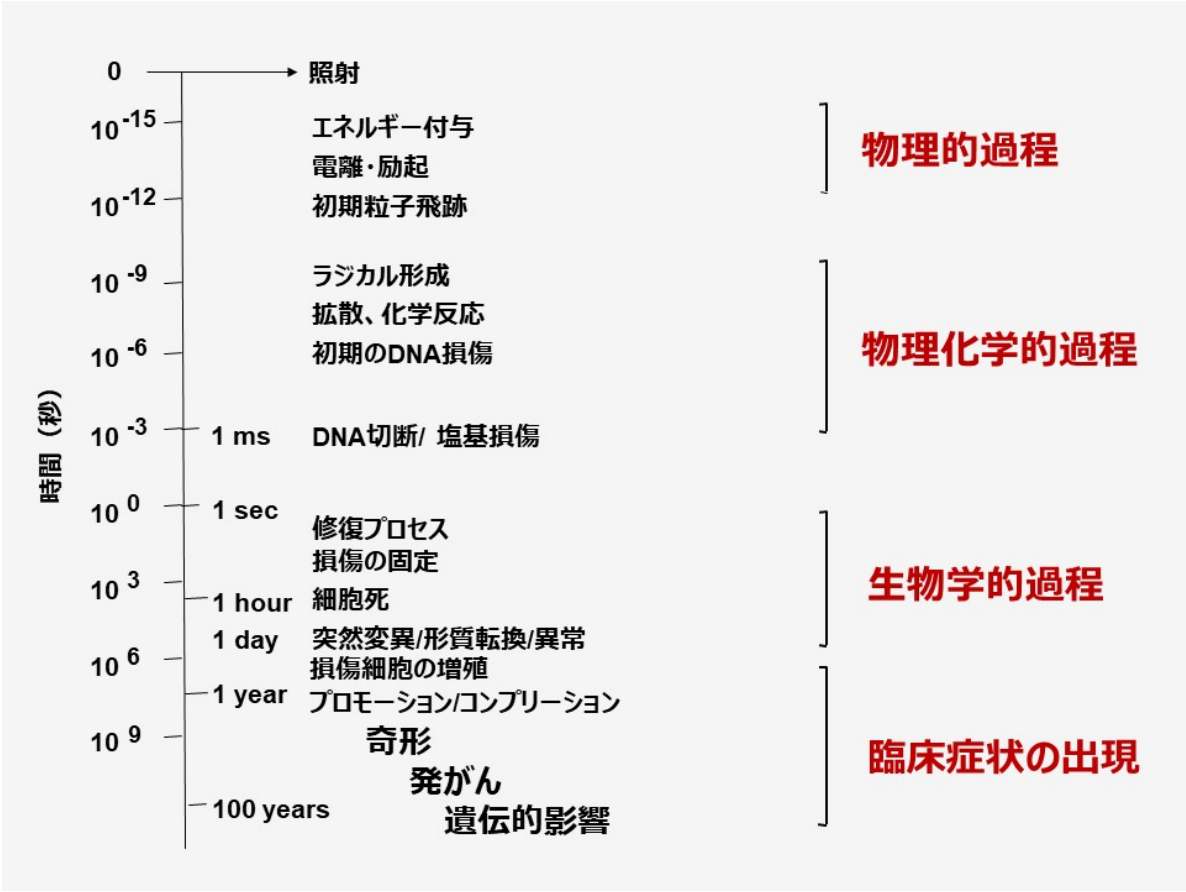


図 4　放射線影響発言までの時間経過

4. 生物学的効果比（RBE）と放射線加重係数（wR）

放射線はその種類によって異なる物理特性である線質を持っている．放射線の線質ごとに生物効果に違いがあるため，それらを考慮した重み付けを行った上で影響を評価する必要がある．中性子線やα粒子などの高 LET 放射線は，単位吸収線量あたりの損傷を低 LET 放射線よりも多く生じさせる．そのため高 LET 放射線が，基準となる放射線に対して，同じ生物効果を生じるのに要する線量の比として生物学的効果比（RBE）が定義されている[6]．保田らは，高 LET 放射線の種類や基準放射線となる低 LET 放射線の線量率が異なれば，組織と臓器の放射線応答のカーブも変化するため RBE の値も変化し，着目する組織反応の種類や重篤度のレベルによっても RBE の値は変化するため，高 LET 放射線などで被ばくした人の線量評価を行う際は，その被ばくの状況をできるだけ正確に把握し，最も適切な RBE 値を採用することが必要である[7]と述べている．高 LET 放射線に対する放射線加重係数 wR は，低線量で起こる確率的影響に対する RBE から導かれている．そのため高線量被ばくによる損傷を評価するために wR を適用すると，いかなる組織反応の発生も重篤度も過大評価となってしまう．ICRP は publ. 103 において，等価線量や実効線量は高線量被ばく影響の定量化や組織反応に関係する医学的処置の判断の基礎となる情報として使用すべきでなく，そのような目的には，最適な RBE 値で重み付けされた吸収線量（GyEq や GyE）で評価すべきであると述べている[6]．主な確定的影響について，症状やしきい線量，潜伏期間について，表 1 に概ね放射線感受性の高い順に示す．（表 1）

表 1　主な組織反応としきい線量，潜伏期間

臓器/組織	影響	潜伏期間	吸収線量（Gy）
骨髄	造血機能低下	3～7日	約0.5
水晶体	白内障（視力障害）	>20年	約0.5
精巣	一時的不妊	3～9週	約0.1
	永久不妊	3週	約6
卵巣	永久不妊	1週以内	約3
皮膚	皮膚発赤	1～4週	<3～6
	皮膚火傷	2～3週	5～10
	一時脱毛	2～3週	約4
腸	下血	6～9日	約6

Publication 118（ICRP, 2012）

5. 確率的影響

ICRP は Publ. 118 において，確率的影響は影響の重篤度ではなく，発生する確率がしきい値なしの線量の関数とみなされるような悪性疾患や遺伝的影響と定義している [3]．確率的影響は放射線照射によって生じた DNA 損傷が不完全に修復された細胞が生き長らえたことによる細胞の突然変異が原因で起こる影響であり，一つの細胞に突然変異が起こったとしてもそのリスクが増加すると考えられている．突然変異を起こした細胞は，生体の修復機能によってほとんどが修復されたり排除されたりするが，一部の変異細胞が生き残り，その子孫細胞に複数の遺伝子突然変異や遺伝子発現レベルの変化が追加的に起こるとがん細胞が生じる可能性が高まり，がん細胞が増殖することで臨床的ながんが発症する．細胞のがん化は複数の遺伝子に変異が起こり，修復されずに蓄積された結果として生じるため，発がん影響を評価する際には受けた線量を全て考慮する必要がある．

現在の放射線防護では低線量域の確率的影響に対して直線しきい値なし（LNT）モデルが適用されており [6]，どんなに低い線量であってもがんと遺伝性影響リスクが存在すると仮定し，安全と危険を明確に区分することはできず，容認できるまでリスクを低減させることを基準としており，確率的影響を評価する線量単位として，「Sv」で表される等価線量や実効線量が用いられる．なおここで述べられているリスクとは，日常的には“危険性”や“危険度”といった意味合いで用いられている．しかしより厳密な言葉の使い方をする場面では，“被害の影響の大きさ”や“被害が発生する可能性（確率）”，あるいは“影響の大きさと可能性（確率）の組み合わせ”という意味で用いられ，「リスクが『ある』」，「リスクが『ない』」ではなく，「どの程度増えるか」，「何倍になるか」といった捉え方をすることが必要である．また一般的には放射線の確率的影響を考える際に「リスク」＝「発がん，もしくはがんで死亡する確率」と使われているが，この場合の「リスクがある」とは，「（必ず）被害を受ける」と同義でないことを理解しておく必要がある．

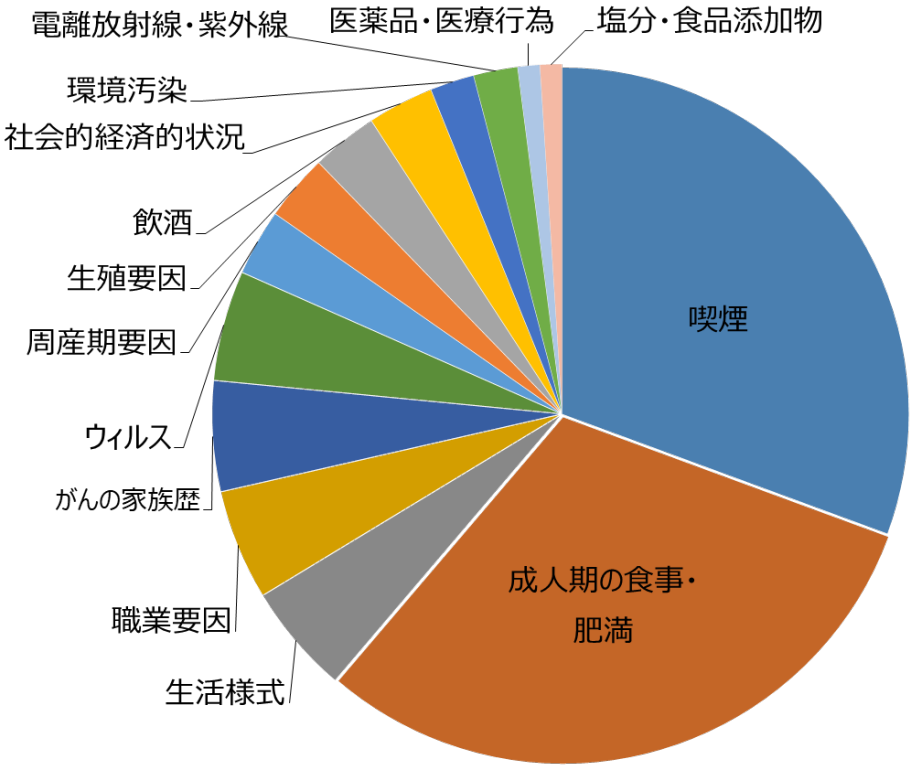
6. 確率的影響（放射線誘発がん）

ICRP では大人も子供も含めた全集団において，100 mSv 当たり 0.5%がん死亡確率が増加するとして防護策を検討している [6]．これは広島・長崎の原爆被爆者集団の疫学調査のデータを基に，低線量率被ばくによるリスク推定値からなっている．

被ばく線量と発がんの関係はおよそ 150 mSv 以上でほぼ直線的に線量と共にリスクが上昇し，低線量率放射線被ばく後の放射線誘発発がんのリスクは 1,000 mSv あたり 5.5%であることが明らかとなっている [6]．しかし，150 mSv よりも低い線量では，直線的にリスクが上昇するかどうかは明らかではない．また原爆のように短時間に高い線量を受ける被ばくに対し，低い線量率の被ばくのほうが，総線量が同じでも影響のリスクは低くなるような傾向が，動物実験や培養細胞の実験研究で明らかになっている [6]．現在，日本人の死因の 1 位はがんで，約 30%の方ががんで死亡している [8]．つまり 1,000 人の集団がいれば，このうち 300 人はがんで死亡していることになる．この 1,000 人の集団全員が 100 mSv の被ばくを

受けた場合，放射線によるがんでの死亡確率を計算して加算すると，生涯で 305 人ががんで死亡すると推定できる．しかし実際には，1,000 人中 300 人という値も年や地域によって変動し，今のところがんの原因が放射線であるかどうかを確認する方法は確立されていない．そのためこの 100 mSv 以下のがん死亡率の増加分，つまり最大で 1,000 人中 5 人という増加分について，実際に検出することは大変難しいと考えられている．

図 5 はヒトの発がんに関連する因子を示したものである．図から食事やたばこが発がんに密接に関わっていることが示されており，放射線被ばくを受けることでこれらのリスクに対し，放射線によるリスクが上乗せされることになる（図 5）．放射線検査を受けない，飛行機に乗らないといった選択を行うことも可能であるが，そのような選択を行うことで病気の早期発見ができなかったり，生活が不便になったりするなどの別のリスク問題が発生し，さらにそのような選択をしても発がんリスクが劇的に減ることもない．



Harvard Center for Cancer Prevention: Harvard Report on Cancer Prevention, Volume 1: Causes of Human Cancer, Cancer Causes Control 1996 ;7:S3-S59

図 5　ヒトの発がんの要因

7. 確率的影響（放射線誘発遺伝性影響）

1906 年に Bardeen は，ヒキガエルの照射された精子と卵子を受精させ，染色体損傷による発達異常が生じることを報告した [9]．また 1926 年には Muller はショウジョウバエを用いた実験を行い，放射線誘

発の突然変異が子孫に伝わることを証明し，遺伝性突然変異の誘発にはしきい値がないとの仮説を立てた[10]．この仮説は現在も支持されている．Muller の実験成果は放射線防護における遺伝的影響を考慮する契機となり，1956 年に米国科学アカデミー原子放射線の生物学的影響に関する委員会（BEAR）は，集団の防護基準として遺伝線量を提案し，ICRP も 1958 年に発刊された Publ. 1 で遺伝有意年線量（GSD）を導入し，世代ごとの遺伝線量限度の暫定的な上限値として 5 レム（50 mSv）を示した[11]．その後，ICRP は publ. 16 において,「医療放射線による GSD は多くの国で測定され, それらの値は 10〜60 mrem/年（0.1–0.6 mGy/年）」の範囲であると報告した[12]．それ故，30 年以上もの間，常に生殖を考慮されていたが，遺伝有意年線量は ICRP の線量限度や自然放射線による被ばくよりも低かったため GSD は注目されることなく，当時の文献から消えていった．この要因として GSD は非警戒値で遺伝的影響を懸念するよりも小さかったため，発がんが優位な懸念事項となっていった.

様々な研究でヒトの遺伝影響を見つける試みがなされたが，1947 年から始まった広島・長崎の原爆被爆者二世の健康調査において，重い出生時障害，遺伝子の突然変異や染色体異常，がん発生率，がんやそのほかの疾患による死亡率等に関する調査が実施され，いずれも対照群との差は認められなかった[13]．また，放射線治療を受けた患者や小児がん治療生存者や放射線科医，診療放射線技師の子ども達に対する調査においても，原爆被爆者二世調査と同じく，染色体異常やメンデル遺伝病，奇形の過剰発生などの遺伝性影響は認められなかった[14]．これらの科学的知見の蓄積を受け，ICRP は遺伝障害の防止を放射線防護の主目的から外し，publ. 26 で「過去 20 年に得られた知識から，遺伝的影響は重要ではあるけれども，優越する重要性を持つものではないらしい」と報告し[4]，最新勧告である publ. 103 においても「親の放射線被ばくがその子孫に過剰な遺伝性疾患をもたらすという直接的な証拠は引き続き存在しない．しかしながら，委員会は，放射線が実験動物に遺伝性影響を引き起こす有力な証拠が存在すると判断する．したがって，委員会は，慎重を期すため，遺伝性影響のリスクを放射線防護体系に引き続き含める.」と報告した[6]．そのため主勧告が改訂される度に生殖腺の組織加重係数は引き下げられ，組織荷重係数が初めて導入された Publ.26 の 0.25 から Publ.60 で 0.2，Publ.103 で 0.08 と，当初の値の約 3 分の 1 以下となった[4, 5, 6]．また全集団の遺伝性影響に対する名目リスク係数（10^{-2}・Sv^{-1}）も publ. 60 の 1.3 から publ. 103 の 0.2 と当初の値の約 7 分の 1 に引き下げられた[5, 6].

現在，広島・長崎での原爆被ばくによる遺伝的影響を科学的に評価するためにヒトゲノム全体の解析を行うヒトゲノム計画が 1990 年に開始され，がんやアルツハイマー病などの疾患の原因解明，生殖細胞の自然突然変異や放射線誘発突然変異の頻度や配列の特徴などが分かってきた．今後の研究の進展により DNA 損傷における線量・効果関係や線量率効果の解明が期待される[15].

8. 結語

人体の放射線影響は入射した放射線が細胞内の相互作用による核内の DNA 損傷が出発点であり，損傷した DNA の修復状況によって放射線影響に違いが生じてくる．損傷した DNA が正常に修復されずに細胞死を迎えた細胞や，機能不全に陥った細胞は組織反応の原因となり，その細胞の数によって症状

の重篤度が異なっていく．また，損傷した DNA の不完全な修復によって突然変異を起こした細胞が生体の防御機能で排除されずに生体内で増殖していくことで，がんや遺伝性影響を引き起こす原因となる．これまでに行われた様々な疫学研究において，ヒトにおいて染色体異常やメンデル遺伝病，奇形の過剰発生などの遺伝性影響は認められておらず，ICRP は確率的影響に対する放射線防護の主目的を遺伝性影響からがんに変更し，生殖腺に対する組織荷重係数，遺伝性影響に対する名目リスク係数の引き下げを行った．またこれらの動きを受け，下腹部，骨盤部を含む診断目的の X 線撮影で実施する生殖腺防護シールドの使用撤廃に向けた動きが世界的に広まってきている[15, 16, 17, 18]．

医療被ばくを代表とする低線量被ばく影響の評価は，線量が低く，統計学的に有意な増加を観察できる大きさの集団サイズを得にくいなどの問題があって未解明な部分も多い．近い将来，ヒトゲノムの全体解析の結果から低線量被ばくに対する放射線応答の新たな知見が明らかとなり，組織反応だけでなく，確率的影響に対する実用的な防護策が確立されていくことが期待される．

参考文献

1) International Atomic Energy Agency. Radiation Protection of Patients (RPOP) Training material, https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-material,
2) 近藤 宗平 日本原子力学会誌 / 日本原子力学会編集委員会 編 40 (7), 535-541, 1998-07
3) ICRP, 2012 ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs - Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).
4) ICRP, 1977. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. Ann. ICRP 1 (3).
5) ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
6) ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
7) 保田 浩志, 吉田 由香里, 王 冰, 永田 健斗, 長谷川 有史, 高橋 昭久． 確定的影響の生物学的効果比（RBE）に関する最近の知見．放射線生物研究 = Radiation biology research communications : 放射線生物研究会機関誌 56 (2), 164-207, 2021-06
8) 国立研究開発法人国立がん研究センター. がん情報サービス https://ganjoho.jp/public/knowledge/basic/index.html
9) Bardeen CR. Abnormal development of toad ova fertilized by spermatozoa exposed to the Roentgen rays. J Exp Zool 1907;4:1–44.
10) Muller HJ. Artificial transmutation of the gene. Science 1927 Jul 22;66(1699):84–87.
11) 樋口 敏広 放射線防護基準の決定過程：基準策定主体間の水平関係に注目して. 生物学史研究 93 (0), 35-38, 2015-12-20

12) ICRP, 1970. Protection of the Patient in X-ray Diagnosis. ICRP Publication 16. Pergamon Press, Oxford
13) 環境省. 放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和 3 年度版）
https://www.env.go.jp/chemi/rhm/r3kisoshiryo/r3kiso-03-06-02.html
14) 細井義夫, 神田玲子. 放射線健康リスク科学 - 放射線生物学, 放射線防護, 被ばく医療 - 第 6 版
15) 竹井泰孝, 江口佳孝, 川浦稚代, 他, わが国の小児股関節撮影における生殖腺防護継続中止に関する報告. 日放技学誌 78 (12), 1495-1510, 2022-12-20
16) The British Institute of Radiology. Guidance on using shielding on patients for diagnostic radiology applications. : https://www.bir.org.uk/media/414334/final_patient_shielding_guidance.pdf
17) American Association of Physicists in Medicine. AAPM position statement on the use of patient gonadal and fetal shielding. https://www.aapm.org/org/policies/details.asp?id=468&type=PP
18) NCRP. NCRP recommendations for ending routine gonadal shielding during abdominal and pelvic radiography. NCRP Statement No.13 2021. https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/Statement13.pdf

X 線透視における被ばく管理

宮島　隆一
国立病院機構　鹿児島医療センター

１．はじめに

X 線透視装置による透視ガイド下インターベンションは，様々な診療分野で利用され適応が拡大している [1]．一方 X 線透視装置の被ばく管理においては，2020 年の医療法施行規則改正 [2] において，血管造影検査に用いる透視用X線装置に関して線量管理が義務付けられたことや．DRLs2020 改定 [3] により部位や手技ごとの線量評価が追加された．また，2021 年の電離則改正 [4] では，放射線業務従事者の水晶体等価線量限度が引き下げられ，被ばく管理の厳格化が求められている．

放射線診療における線量管理や放射線防護を任されている診療放射線技師にとっては，メジャーイベントが短期間に集中して訪れて，真価が問われる現状にあると考える．本講座では『透視装置の被ばく管理』『患者の被ばく管理』『従事者の被ばく管理』の観点から現状分析を行い留意点について概説する．

2. 透視装置の被ばく管理

2-1. 法令よる規制値

医療法施行規則 30 条第 2 項 [5] や Japanese Industrial Standards（JIS）Z 4751-2-54[6] において，「透視中の患者への入射線量率は，患者の入射面の利用線錐の中心における空気カーマ率が，50 mGy/min 以下になるようにすること．ただし，操作者の連続した手動操作のみで作動し，作動中連続した警告音等を発するようにした高線量率透視制御を備えた装置にあっては，125 mGy/min 以下になるようにすること」透視線量について障害防止の規制が設けられている．

2-2. 線量測定値の表示と患者照射基準点

JIS Z 4751-2-54 では，患者の診断中及び IVR 中の被ばく線量の評価の必要性から，基準空気カーマ率及び累積基準空気カーマの値を操作者の操作位置で照射スイッチの操作中に表示することを義務付けている．また，表示される線量測定値の基準位置を透視装置の形式ごとに患者照射基準点として定義している．（Fig.1）

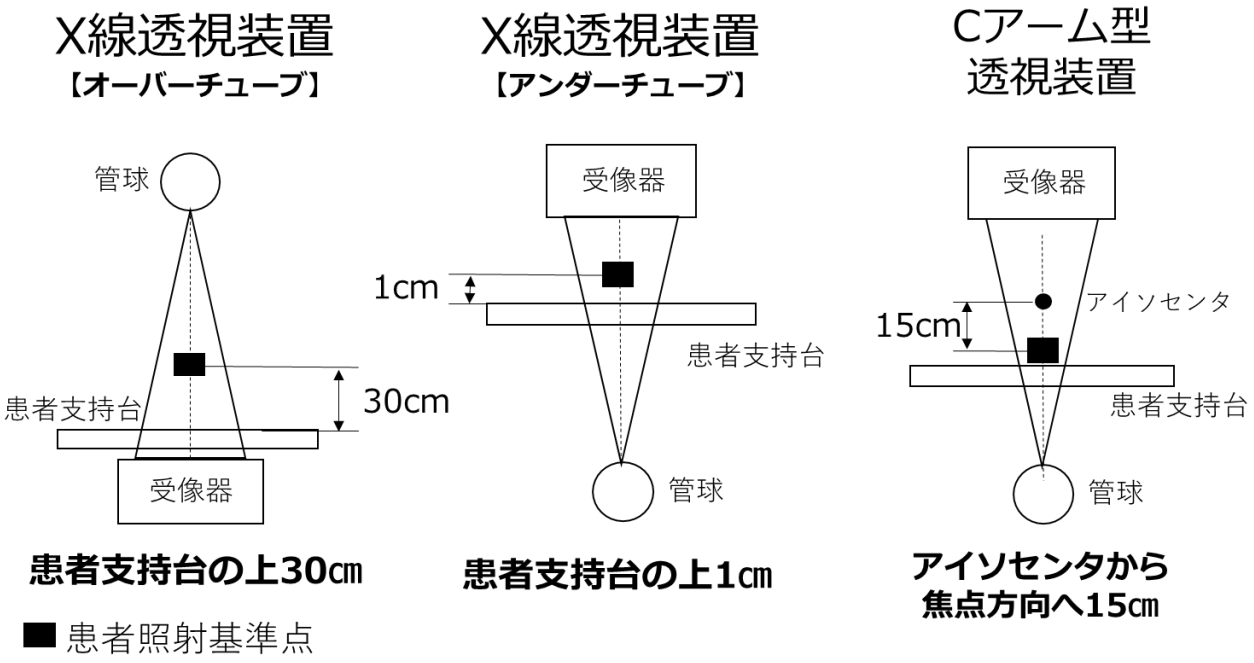
・X 線源装置が患者支持器の下にある X 線装置（アンダーテーブル形）は，患者支持器から 1 cm 上
・X 線源装置が患者支持器の上にある X 線装置（オーバーテーブル形）は，患者支持器から 30 cm 上
・C アーム式 X 線装置は，アイソセンタから焦点方向へ 15 cm
・アイソセンタのない C アーム式 X 線装置は，製造業者が定義した X 線ビーム軸に沿った患者皮膚面

と X 線ビーム軸との交点

・45 cm 未満の焦点受像器間距離の C アーム式 X 線装置は，最小限の焦点皮膚間距離を表している点

線量測定値の誤差については，基準空気カーマ率及び累積基準空気カーマについては，6 mGy/min 以上，及び 100 mGy 以上の範囲においてそれぞれの表示した値から±35 %以下の誤差が求められている．また，5 μGy･m^{2}以上の累積面積線量測定値も総合的な不確実性は，35 %を超えてはならないと規定されており，管電圧±10 %，管電流±20 %の許容誤差に比べて線量測定値に関しては過大な誤差が許されている．

線量測定値は，面積線量計を用いた実測または計算による算出でも可能となっており，メーカにより線量の算出方法や校正方法が異なる．自施設に保有するX線透視装置 2 台，血管撮影装置 3 台，移動式X線透視装置 1 台の装置線量測定値と実測値の比較の結果を Fig.2 に示す．装置線量測定値は最大で-30 %の誤差が生じていた．装置に表示される累積基準空気カーマや累積面積線量の値は，DRL との比較等の線量管理において重要な指標となることより，ユーザによる定期的な線量測定により精度確認を行い誤差が大きい場合は，調整を求めることが必要であると考える．



JIS Z 4751-2-54
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

Fig.1 透視装置の形式における患者照射基準点

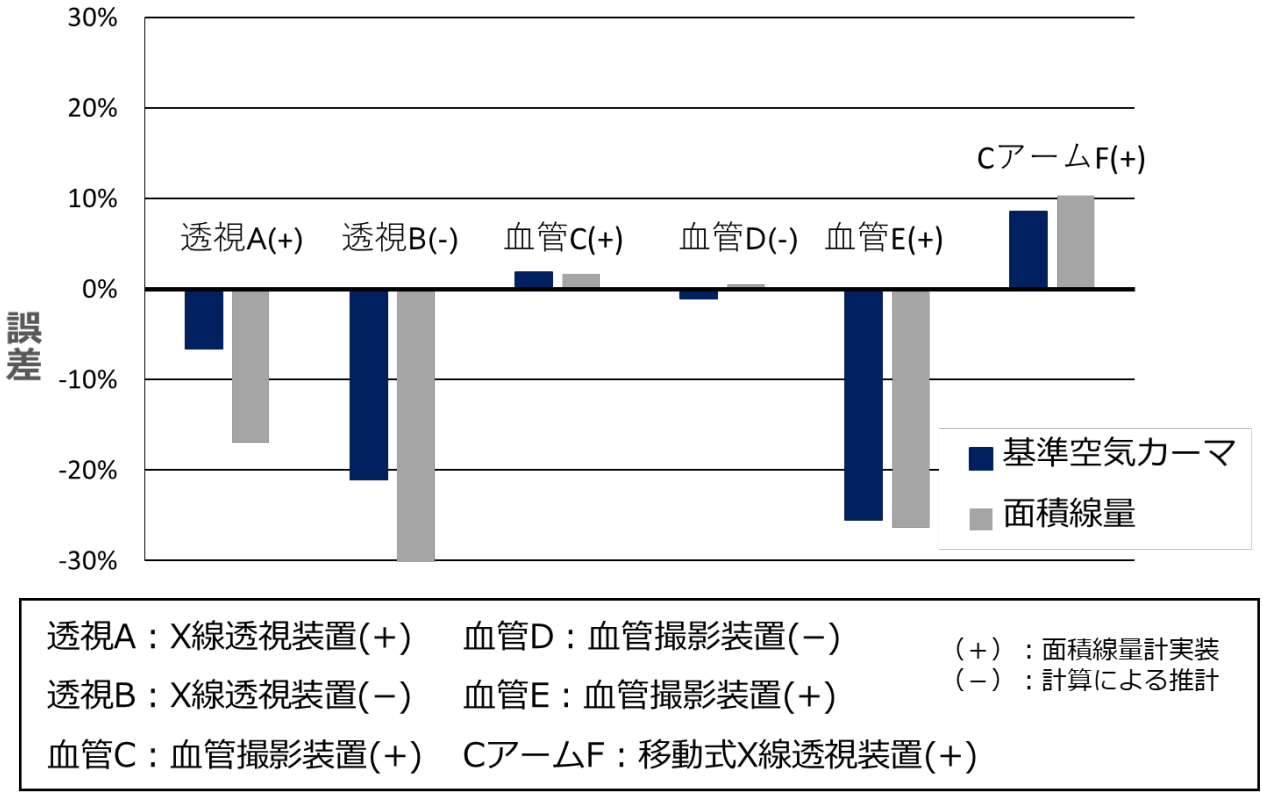


Fig.2 装置線量測定値と実測値の比較

3. 患者の被ばく管理

3-1 線量の記録

IVR は治療手技の進歩に伴い適応範囲が拡大して，透視時間や撮影回数が多くなり患者に皮膚障害を生じる事例が発生するようになった，International Commission on Radiological Protection（ICRP）Pub 85[7] では，患者の最大皮膚線量の把握と手技のさまざまな部分で生じる皮膚の蓄積線量を記録することが重要であると考えて，IVR による皮膚の最大蓄積線量が 3 Gy 以上（繰り返されることのある場合 1 Gy 以上）と推定される場合には，被ばくした皮膚の部位及び範囲とともに線量を診療録に記載することを勧告している．

3-2. 最大皮膚線量（PSD）管理

IVR における放射線皮膚障害を防ぐには，IVR 時の患者の最大皮膚線量 Peak skin dose（PSD）を把握する必要があるが，検査手技中に評価することは困難である．ICRP Pub 120[8] においては，累積基準空気カーマや累積面積線量を用いた患者線量の注意喚起レベルの設定が推奨され，PSD が 3 Gy，累積基準空気カーマが 5 Gy，累積面積線量は 500 Gy･cm^2 としている．注意喚起レベルを超えた場合，皮膚障害の早期発見と経過観察を行うことを推奨している．近年の血管撮影装置は，患者の身長と体重から照射皮膚の面積に基づく内部モデルを使用して，C アームおよびカテーテル寝台の幾何学的関係と X 線照射条件

から正確な患者皮膚線量を算出してリアルタイムに PDS を評価できるシステムが開発されている．
また，リアルタイムの PDS の評価が困難な場合は，PSD が 2 Gy に相当する透視・撮影時間および装置に表示される累積基準空気カーマ値の目安を定めておく必要がある．透視・撮影時間および装置に表示される累積基準空気カーマ値が目安の数値に達する可能性が高いことが判明した時点で，手技の続行・中止を決定する．待機的か緊急かを問わず，基本的には患者の利益を優先するが，その時点で患者と家族の意思を再度確認することが望ましい．

3-3. 透視線量の最適化の現状

九州地域の国立病院機構病院 24 施設 37 透視装置を対象に, 腹部検査に使用している透視モードにて, アクリルファントム 20 cm に照射を行い入射表面に配置した線量計を使用して後方散乱を含む入射表面線量率を測定した結果を Fig.3 に示す．透視線量率の平均値は 13.57 mGy/min，50 %値は 10.28 mGy/min, 75 %値は 19.44 mGy/min であった．また，最小値は 3.77 mGy/min に対して，最大値は 33.7 mGy/min となり約 9 倍の施設間格差がみられた結果より，最適化や標準化が進んでいないことが明らかになった．このことは, 非血管系透視検査は DRL の設定が遅れたことで最適化の指標となる値が未設定だったことや, 血管撮影装置に比べて多施設間線量比較研究が少ないことに起因すると考えられる．

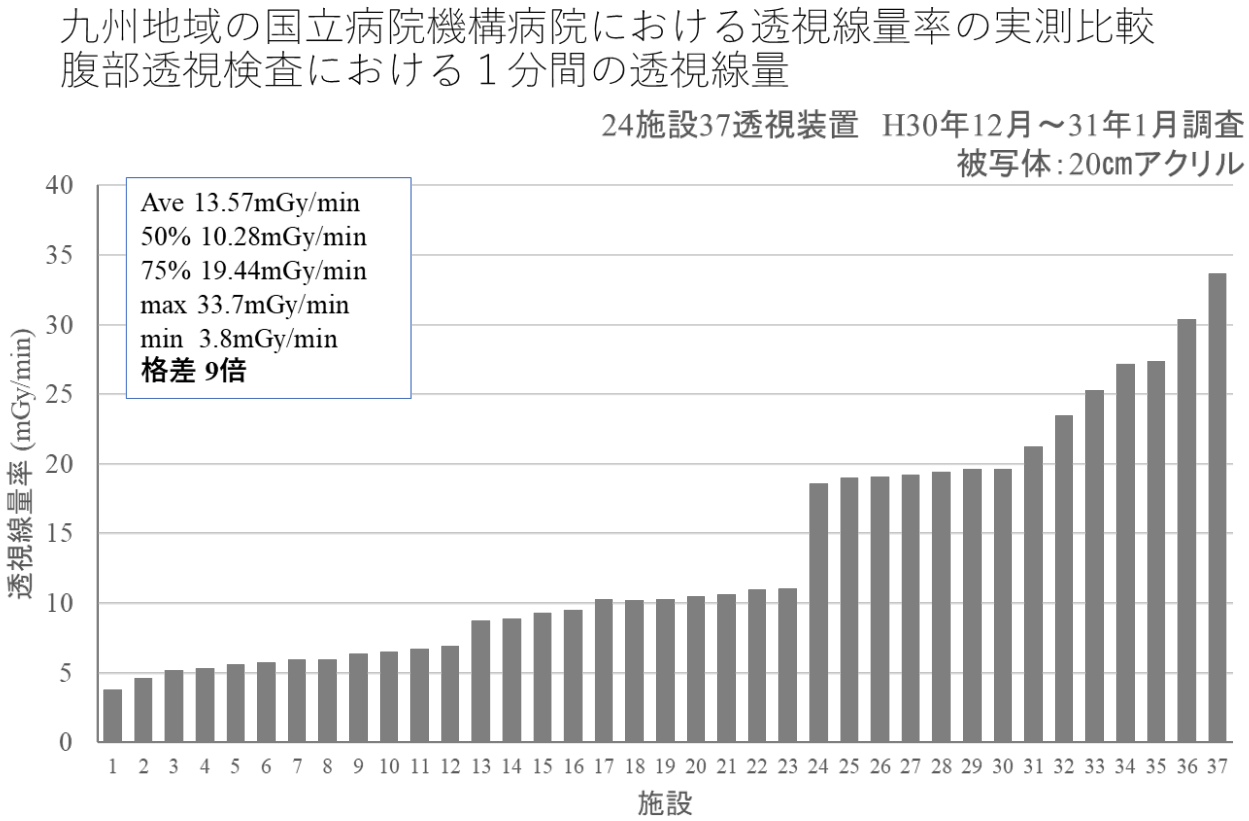


Fig.3 透視線量の最適化の現状

4. 従事者の被ばく管理

4-1. 放射線業務従事者の被ばく限度

電離放射線障害防止規則において放射線従事者の被ばく線量限度（Table 1）が定められている．実効線量限度は確率的影響について受け入れるレベルを考慮して決定し，等価線量限度は確定的影響を考慮して設定されており，事業者に対して厳守するように定めている．2021 年 10 月には，整形外科医師の皮膚等価線量が法定限度である 500 mSv を超えていたとして，防止措置怠った医療法人理事長が書類送検された事案[9]が発生している．

Table 1 放射線業務従事者の線量限度

	実効線量限度	等価線量限度
通常作業	100mSv/5年かつ 50mSv/1年	水晶体：100mSv/5年かつ 50mSv/1年
		皮　膚：500mSv/1年
緊急作業	100mSv	水晶体：300mSv
		皮　膚：1Sv
女子	5mSv/3月	
妊娠中の女子	内部被ばく：1mSv	腹部表面：2mSv

4-2. 水晶体等価線量限度の引き下げの影響

原爆被爆者の長期調査やチェルノブイリ原発事故の疫学調査の結果より, ICRP Pub 118[10]において Fig.4 に示すように，水晶体のしきい線量が 8 Gy から 0.5 Gy に大幅に引き下げられた．これに伴い放射線業務従事者水晶体等価線量限度が 2021 年 4 月から電離放射線障害防止規則が改正され，150 mSv/y から 100 mSv/5y，最大 50 mSv/y に引き下げられた．また，急性被ばく，分割被ばく，慢性被ばく全て同じしきい値が設定されたことから被ばくによる影響が蓄積されることが示唆され，線量限度内の被ばくを維持できても従事年数が長期になるとしきい線量に到達するおそれが生じる．（例：20 mSv/y の被ばく 25 年⇒ 50 mSv）よって，従事者の水晶体被ばくは安全側に配慮すると 10 mSv/y を管理目標にする必要が有る．

全国 17 か所の医療機関の 8,656 人の放射線従事者の水晶体等価線量の被ばく実態を調査した報告[11]によると，20 mSv/y を超える可能性の比較的高い職種は，透視業務に携わる医師と看護師であった．水晶体被ばくの高い所属科は，循環器内科，消化器内科，消化器外科，放射線科，整形外科であり，場所は血管造影室， X 線透視室，内視鏡室，手術室であった．また看護師は，X 線透視室，内視鏡室での検査に携わる者が多い結果が示された．

放射線業務従事者の水晶体被ばく管理においては，散乱体の近位に防護具を配置することや，防護メガネの着用，水晶体線量計の活用により超過対策を講じることが重要と考える．

ICRP Pub 118

- 水晶体のしきい線量

混濁	急性	0.5～2Gy
	遅延性	5Gy
白内障	急性	5Gy
	遅延性	8Gy

→

白内障	急性	0.5 Gy
	遅延性	

- 放射線業務従事者水晶体等価線量

150mSv/y → 5年間 100mSv
最大 50mSv/y

※線量限度内の被ばくでもしきい線量に到達する可能性有
20 mSv/yの被ばく25年⇒50 mSv
10 mSv/yの被ばく50年⇒50 mSv

Fig.4 放射線業務従事者の水晶体等価線量限度引下げ

4-3. 手指被ばく

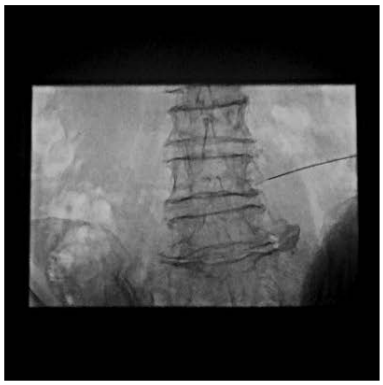
医療従事者の電離放射線に係る皮膚がんの労災認定の報告[12] Table 2 では，皮膚がんの発生事例が報告されており，透視手技において照射野内に手指を入れることで，直接線にさらされることが要因と考えられる．

自施設での整形外科医に x-γ線用ガラスリングを着用して手指の皮膚等価線量を評価した検討では，腰椎神経根ブロック 7 例，脊髄腔造影 2 例おける皮膚等価線量は 56.4 mSv/m を示し，年間線量限度 500 mSv を超える可能性があることが判明した．また，術者の手指被ばくの低減対策として照射野絞りの標準化や，鉛グローブ 0.035 mmPb の活用を行った結果（Fig.5）術者の手指皮膚等価線量を 6.45 mSv/m から 1.9 mSv/m に約 70 %低減することが可能であった．

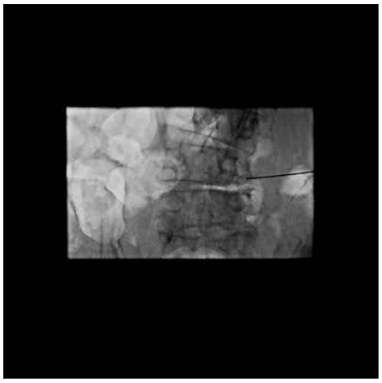
Table 2 医療従事者の電離放射線に係る皮膚がんの労災認定（平成 24 年～平成 29 年度）

職種	業務内容	電離放射線業務従事通算年数
准看護師	エックス線透視を使用した大腸内視鏡検査時における患者補助等	19年
整形外科医	エックス線透視を使用した脊髄腔造影、神経根ブロック、椎間板造影等	16年
診療放射線技師	胃・腸エックス線透視撮影等	30年
整形外科医	エックス線透視を使用した脊髄腔造影、神経根ブロック、骨折整復固定、矯正骨切り術等	26年

第４回医療放射線の適正管理に関する検討会
資料４電離放射線障害防止規則等について～医療従事者に係る事項～



標準化前



標準化後

	Hp(0.07)【mSv】	手技		撮影回数	透視時間【min】	入射線量【mGy】	面積線量【mGy・cm^2】	透視照射面積【cm^2】
		RB	ミエロ					
対策無し	6.45	3	2.3	24	25.7	163.3	34,119	224.9
照射野標準化	3.7	4.5	1	18.3	26.6	148.7	30,236	202.8
鉛手袋	**1.9**	5	2	29.3	23.3	163.3	38,159	241.4

Fig.5 手指被ばく低減対策

5. まとめ

X 線透視における被ばく管理には，装置・患者・従事者の要素が含まれおり，全てにおいて診療放射線技師が重要な役割を担っている．また，水晶体のしきい線量引き下げにより，線量限度に抵触する従事者も存在しており，放射線防護の専門家として積極的な被ばく管理への介入が期待されている．

参考文献

1) ICRP, 2010. Radiological Protection in Fluoroscopically Guided Procedures outside the Imaging Department. ICRP Publication 117, Ann. ICRP 40(6).
2) 医療法施行規則の一部を改正する省令，平成 31 年厚生労働省令第 21 号 https://www.jastro.or.jp/medicalpersonnel/notification/syorei21.pdf/(accessed 2023.2.25).
3) 日本の診断参考レベル（2020 年版）令和 2 年 7 月 3 日 http://www.radher.jp/J-RIME/report/JapanDRL2020_jp.pdf/(accessed 2023.2.25).
4) 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令，厚生労働省令第八十二号 https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000689525.pdf/(accessed 2023.2.25).
5) 医療法施行規則 https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=80092000&dataType=0&pageNo=3/(accessed 2023.2.25).
6) 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. 2017:27
7) ICRP, 2000. Avoidance of Radiation Injuries from Medical Interventional Procedures. ICRP Publication 85. Ann. ICRP 30 (2)
8) ICRP, 2013. Radiological protection in cardiology. ICRP Publication 120. Ann. ICRP 42(1)
9) 労働新聞社ホームページ https://www.rodo.co.jp/column/113611/ (accessed 2023.2.25).
10) ICRP, 2012 ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs － Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2)
11) 藤淵俊王，藤田克也，五十嵐隆元,他,放射線診療従事者の不均等被ばく管理の実態に基づく水晶体被ばく低減対策の提案，日放技学誌 2021;77(2)
12) 第 4 回医療放射線の適正管理に関する検討会，資料4電離放射線障害防止規則等について～医療従事者に係る事項～ https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10801000-Iseikyoku-Soumuka/0000191785.pdf/ (accessed 2023.2.25).

Communicating radiation risk to patients: Experiences among radiographers in Norway.

（患者への放射線リスクの伝え方　ノルウェーにおける診療放射線技師の取り組み）

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Anita F Reitan, J Med Imaging Radiat Sci. 2020 Dec ; 51(4S) : S84-S89.

文献の英文表記：著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Reitan AF, Sanderud A. Communicating Radiation Risk to Patients: Experiences Among Radiographers in Norway. J Med Imaging Radiat Sci. 2020 Dec;51(4S):S84-S89. doi: 10.1016/j.jmir.2020.06.011. Epub 2020 Jul 30. PMID: 32741740.

論文紹介著者

木村　英理（神戸常盤大学　保健科学部　診療放射線学科）

論 文 解 説

X 線検査をこれから受ける患者さんや，既に検査を受けた患者さんへの説明についての評価法は，現在確立されていない．今回，紹介する論文は，患者さんへの放射線リスクの伝え方の特徴について，半構造化インタビューを行い，その時の録音音声データから検討を行っている．文化が異なるノルウェーと日本であるが，医療被ばくにおけるリスクコミュニケーションの問題点について共通する点も多く，今後日本におけるリスクコミュニケーション研究の足掛かりとなるユニークな研究内容となっている．

1. リスクコミュニケーションの重要性

医用画像検査で用いる放射線に関するリスクコミュニケーションが重要視されるようになった．（ここでいう）リスクコミュニケーションとは，推奨される検査，利益とリスク，変更可能な画像診断方法に関する情報の提供と定義できる．患者は，X 線検査に関連した放射線量と潜在的なリスクに関する情報を求めており，検査を担当する診療放射線技師は患者さんに情報を求められ，そして情報を提供する可能性が最も高い．しかし，ある研究では，診療放射線技師の約 60%が検査で用いた放射線量について十分な知識を持っていない，また，診療放射線技師の 53%が潜在的リスクについて患者に知らせないことが明らかになっている．患者は検査による線量と潜在的なリスクについて知りたがっており，ノルウェーの法律では，医用画像検査を受ける患者は，潜在的な害と（検査を受けなかったことによる）リスク，そして，検査によって受ける線量とそのリスクについて情報を得るべきであると定められている．

このような背景から，ノルウェーで勤務する診療放射線技師は，放射線量とリスクに関する正しい知識を持ち，患者に対し情報を提供できるようにしなければならない．この研究の目的は，ノルウェーにおける診療放射線技師の放射線量とリスクに関する知識，およびリスクコミュニケーションの実態を調査することである．

2. 方法

この研究に参加した診療放射線技師は 6 名（男性：3 名，女性：3 名　平均年齢：34 歳（29～60），実務経験は 3.5～30 年）であり，Case1～3 の事項（表 1）について半構造化インタビュー※を行い，その様子を録音した．インタビューは 1 回 40 分～1 時間程度行われ，参加者は提示された症例について考察し，患者にどのように対応したかについて述べた．その後，録音した音声データをもとに，内容を要約，凝縮したのち，再文脈化し，①リスクコミュニケーション，②放射線量，③正当化，④リスクについて，どのように対応をしているのか，またその特徴について検討を行った．

※1　半構造化インタビュー

あらかじめ質問項目を定めておき，回答内容に応じてその心理を掘り下げていく調査手法

表 1. インタビューの内容

Case 1	・ 腹部 X 線 CT 検査を受けた患者さんが検査後に「この検査はどのくらい危険性があるのか？」と聞かれた場合，どのように対処すればよいのでしょうか？どう答えますか？ ・ この時，対応するために必要な知識は何ですか？ ・ どんなスキルが必要ですか？ ・ この状況について，あなたはどのように考えていますか？
Case 2	・ ある若い女性が腹部 X 線 CT 検査を受け，翌日あなたに電話をかけてきました． 彼女は自分が妊娠していることがわかり，明らかに動揺していることをあなたに告げました． ・ 彼女は特に胎児を心配しています．あなたはこの状況にどのように対処しますか？ どう答えればいいのでしょうか？ ・ 胎児への影響に対する彼女の不安に，あなたはどのように対処しますか？ ・ この状況について，あなたはどのような知識とスキルが必要と考えますか？
Case 3	・ ある患者が，過去 10 年間に受けたすべての X 線検査の被曝線量を推定してほしいと 連絡してきました． ・ 彼は癌のリスクが高まることを恐れています． ・ このような場合，あなたはどのように対処しますか？また，どのように患者に伝えますか？ ・ このような状況で必要な知識は何ですか？

3. 半構造化インタビューの結果

① リスクコミュニケーションについて

（インタビュー内容の要約）

- 患者には，なぜこの検査を受けるべきか説明し，担当医師が推奨していることを伝える
- 短時間の間に，患者は線量について正しく理解できない可能性があるため，線量については説明を行わない
- 医療従事者は対人コミュニケーションの訓練を受けなければならず，共感を示す方法，積極的な傾聴などを学ぶことが必要
- 真実かつ事実に基づいたリスクコミュニケーションは，患者，親族，医療従事者に線量とリスク

に関する良好かつ安全なコミュニケーションを確保するために重要

- 患者にどの程度の情報を提供すべきかについて，患者の感情を読み取ることが重要
- 受け止め方は患者によって異なるため，情報を与えすぎてはいけない
  それを怖いと感じる患者も存在する

診療放射線技師が患者と過ごす時間はとても短い．しかし，質問に答えることだけが目的ではない．患者が下すすべての決断は，認知的反応と情動的反応によって影響を受けるため，恐怖や不安，痛みなどの感情的反応は，患者がインフォームド・ディシジョンを行う能力を低下させる可能性がある．

本研究に参加した診療放射線技師らは，患者のことをよく考えており，患者に不必要な恐怖を与えることを恐れ，情報を与えないという選択をすることがある．

②放射線量について

（インタビュー内容の要約）

- 診療放射線技師 6 名のうち 5 名がフライトを比較対象として用いた
  （フライトの距離を明確にしたのは 1 名のみ）
- フライトの比較対象は，胸部 X 線に関するものが多かった
- 4 名の診療放射線技師は，自然放射線を一般的に使用し，毎日放射線を浴びていると説明
- 別の診療放射線技師は，胸部 X 線は 3-5 日の背景放射線に相当すると説明
- 検査は低線量で最適化されていることを説明

本研究に参加した診療放射線技師 6 名のうち 5 名がフライトを比較対象として用いたが，フライトの距離を明確にしたのは 1 名のみであった．しかし，フライトの距離や高度によって放射線量が増減するため，この比較は不確かで，患者に誤った情報を与える危険性がある．

2 名の診療放射線技師が（腹部 CT 検査の線量について）胸部 X 線の撮影回数と比較する方法を用いているが，この方法は，患者が胸部 X 線の線量を知っていることを前提としており，異なる X 線検査との比較は患者の不安に対して直接的な回答ではない．

4 名の放射線技師は，自然放射線と比較する方法を用いており，私たちは毎日放射線を浴びていることや，胸部 X 線検査による線量は 3～5 日の自然放射線に相当すると説明している．しかし，この方法では，患者が自然放射線の概念を正しく知っていなければ，患者は理解できない．

また，施行した検査は低線量で最適化されていることを説明した診療放射線技師は 1 名であったが，最適化の説明はリスクを定量的に示すものではない．

本研究に参加した診療放射線技師 6 名とも，放射線防護に関する実践的な知識を有していたが，放射線量や放射線が人体組織に及ぼす影響については深い知識を有していなかった．

③正当化について

（インタビュー内容の要約）

- 全員が検査の正当性と重要性を使ってリスクを説明
- 患者に「どこが悪いかを調べる必要がある」「この検査による放射線被ばくは害よりも益になる」

「極端に危険ではない」「自然放射線との比較」で説明

患者は，線量やリスクに関する疑問が解決されていないにもかかわらず，正当化することを答えとして受け入れることが多い．本研究に参加した診療放射線技師は，患者が放射線量と関連するリスクについて不安を抱いた時の対応として，検査の正当性と重要性を使ってリスクを説明しており，その対応について満足をしている．しかし，これは，診療放射線技師が線量や放射線が身体に与える影響について十分な知識を持っていないこと，また，コミュニケーション能力が欠けている隠すためではないかと指摘している．

今回の研究に参加した診療放射線技師らは，患者とのコミュニケーションや情報の伝達が難しいと感じていた．その理由として，診療放射線技師が患者にリスクを伝える方法に慣れておらず，知識が不足しているケースもあれば，伝えることが苦手なケースもあった．また，患者が不必要な不安や恐怖を感じて，本来必要である正当な検査が行われなくなることを避けるため，患者に不安を与えないよう意識している者もいた．

④リスクについて

（インタビュー内容の要約）

- 「大丈夫ですよ，心配いりませんよ」と言うのは，問題があると感じる
- 患者には，自分が経験したことや潜在的なリスクを理解するために十分な情報を提供しなければならないと思うが，その一方で，患者が怖くなってしまうことも多いので，あまり多くの情報を与えてはいけないと思う

今回の調査では，診療放射線技師が患者にリスクについて説明する際，ほとんどが「正当な理由」を用いており，リスクコミュニケーションを困難なものとして認識している．特に，リスクに関して患者に多くの情報を与えた際に，いくら正しい情報であったとしても，患者にとってはそれが逆に怖いと感じてしまうこともあり，あまり多くの情報を与えすぎてはいけないと感じている．その結果，リスクよりも正当化について説明することを選択してしまう．

4. 臨床現場への影響と放射線技師のリスクコミュニケーション向上のための提案

診療放射線技師が放射線量について患者に説明をする場合，自然放射線や大西洋横断飛行に相当するもの，あるいは胸部 X 線の回数で比較することが多く，実際の線量（mSv）で比較することはほとんどない．また，線量やリスクに関する質問に対して，具体的に答えるのではなく，検査の正当化を用いることがある．この理由として，診療放射線技師は，患者に必要以上の心配をさせることによって正当な検査を拒否することを懸念していることや，診療放射線技師が放射線量とリスクについて十分な知識を持っていないため，患者とリスクについて話し合うのをためらうことを挙げている．

本研究の結果は, 2 施設 6 名の診療放射線技師のデータであり, サンプル数が少なく, 一般化できない．また，リスクと放射線量に関するコミュニケーションの定量的な評価が難しく，研究の信憑性自体が疑われる可能性がある．今後，同じテーマでより多くのサンプル集めさらに調査・検討することが今後の課題であると考える．

今後，診療放射線技師のリスクコミュニケーション能力を向上させるためには，放射線量やリスクに関する知識を深めることは言うまでもないが，大学などの教育機関や現場においてグループディスカッションや問題解決型学習などの実践的な演習を積極的に取り入れ，コミュニケーションスキルをさらに高めていくことが必要である．

Justification of CT practices across Europe: results of a survey of national competent authorities and radiology societies

（ヨーロッパにおける CT 診療の正当化：各国の所轄官庁と放射線学会に対する調査結果）

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Shane J. Foley. / Insights into Imaging (2022) 13:177

文献の英文表記：著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Shane J. Foley1, Ritva Bly, Adrian P. Brady, Steve Ebdon-Jackson, Alexandra Karoussou-Schreiner, Monika Hierath, Jacob Sosna, ESR EU-JUST-CT Project consortium and Boris Brkljačić. Justification of CT practices across Europe: results of a survey of national competent authorities and radiology societies. Foley et al. Insights into Imaging. (2022) 13:177. https://doi.org/10.1186/s13244-022-01325-1

論文紹介著者

小林正尚（藤田医科大学　医療科学部　臨床教育連携ユニット　診療画像技術学分野）

論 文 解 説

欧州において CT 検査の正当化が一貫していないことを受けて，本研究は CT 検査の正当化プロジェクトの一環として欧州全域の実情の把握することを目的とした．

1.　背景

画像診断検査の正当化は放射線防護の重要な原則であり，特にX線CT検査に関しては他検査と比較して検査頻度は低いが医療被ばく線量としては高い割合を占めている．しかし，CT検査において39%以上の割合で正当化が不十分であると報告されている1-7)．そこで，2021年，欧州全域においてX線CT検査の正当化を改善するプロジェクト（justification of CT across Europe; EU-JUST-CT）を立ち上げた．プロジェクトでは，欧州におけるCT検査の正当化に関する最新情報の収集，CT検査の正当化の調査に向けた共通の方法論の協議，CT検査の正当化に関する予備調査，加盟国間での正当化に関する協議と改善を行うこと，また，得られた最新の調査結果は過去の調査結果（National Competent Authorities (NCAs) や National Radiological Societies (NRS) across Europe）との比較を行うことを目的とした．

2.　方法

調査方法はWebプラットフォームを用いたアンケート調査を中心とした．調査項目はEU-JUST-CTの運営グループとアドバイザグループで37項目からなる素案を作成し，欧州委員会の代表者に予備調査が実施された後に最終決定された．37項目の質問事項はほとんどが多肢選択式のクローズクエッションであり，必要に応じてオープンクエッションが用いられている．質問の分類は，回答者の属性（respondent demographics），正当化の根拠と検査依頼のためのガイドライン（general justification and referral

guidelines），新しい医療行為のための正当化(justification of new practices)，CT検査の具体的な正当化(specific justification of CT examinations)，過去の調査(previous audits)である．この調査はHeads of the European Radiological Protection Competent Authorities(HERCA)ネットワークにより各国のNCAに配布され，さらに，EU加盟国，アイスランド，ノルウェー，スイス，英国（EU27+4）のNRSにも依頼を出した．調査は2021年6月に開始し4週間以内に回答することが求められた．

アンケート詳細（https://static-content.springer.com/esm/art%3A10.1186%2Fs13244-022-01325-1/MediaObjects/13244_2022_1325_MOESM1_ESM.pdf）

3. 結果

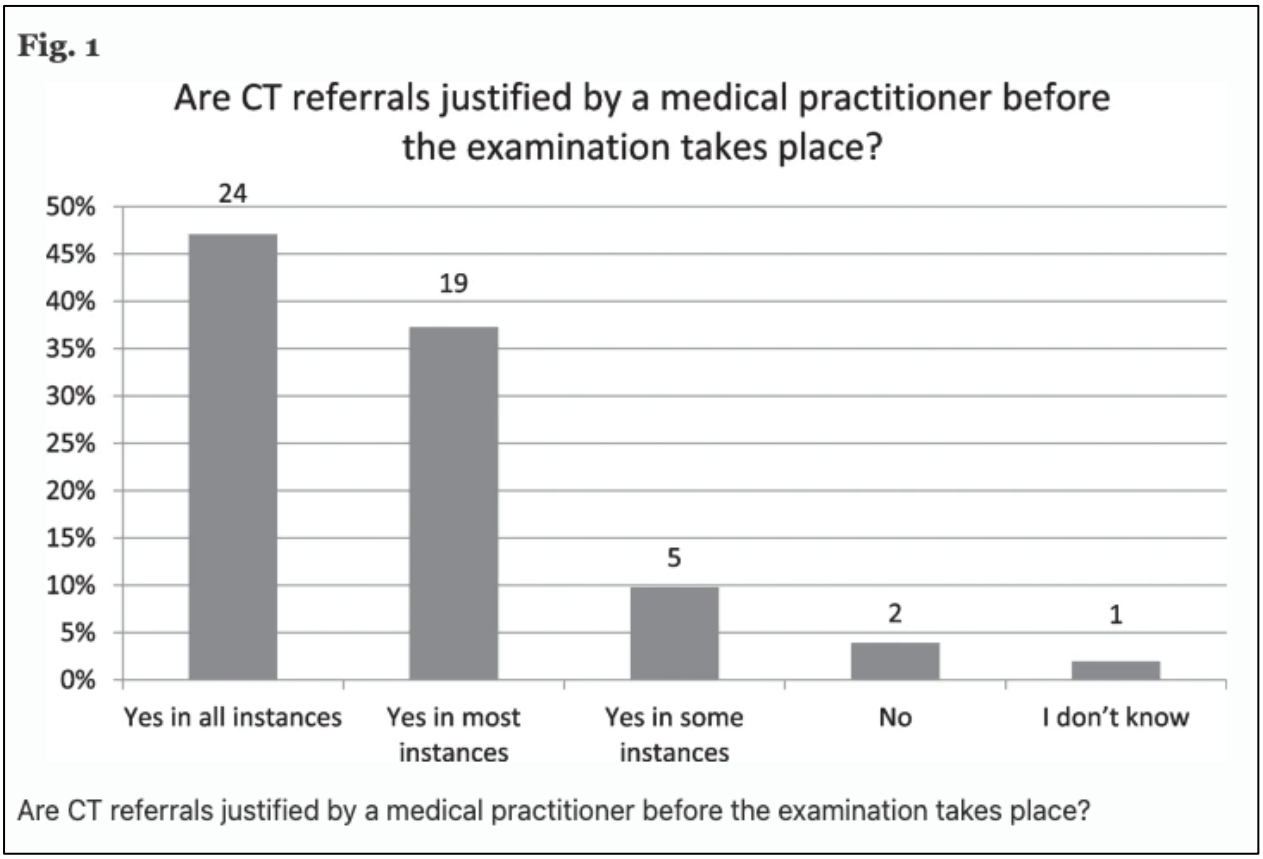
（2021年7月の初旬までの間に合計47件より回答があった．3週間の延長の後，追加で9件の回答（うち2件は人口統計以外の回答なし，3件は重複）があり，分析用には51件（回答率82%）であった．そのうち25カ国がNRS，21カ国がNCAであり，リヒテンシュタインを除く全ての国から少なくとも1つの回答が得られた．

Table 1 List of respondents per country

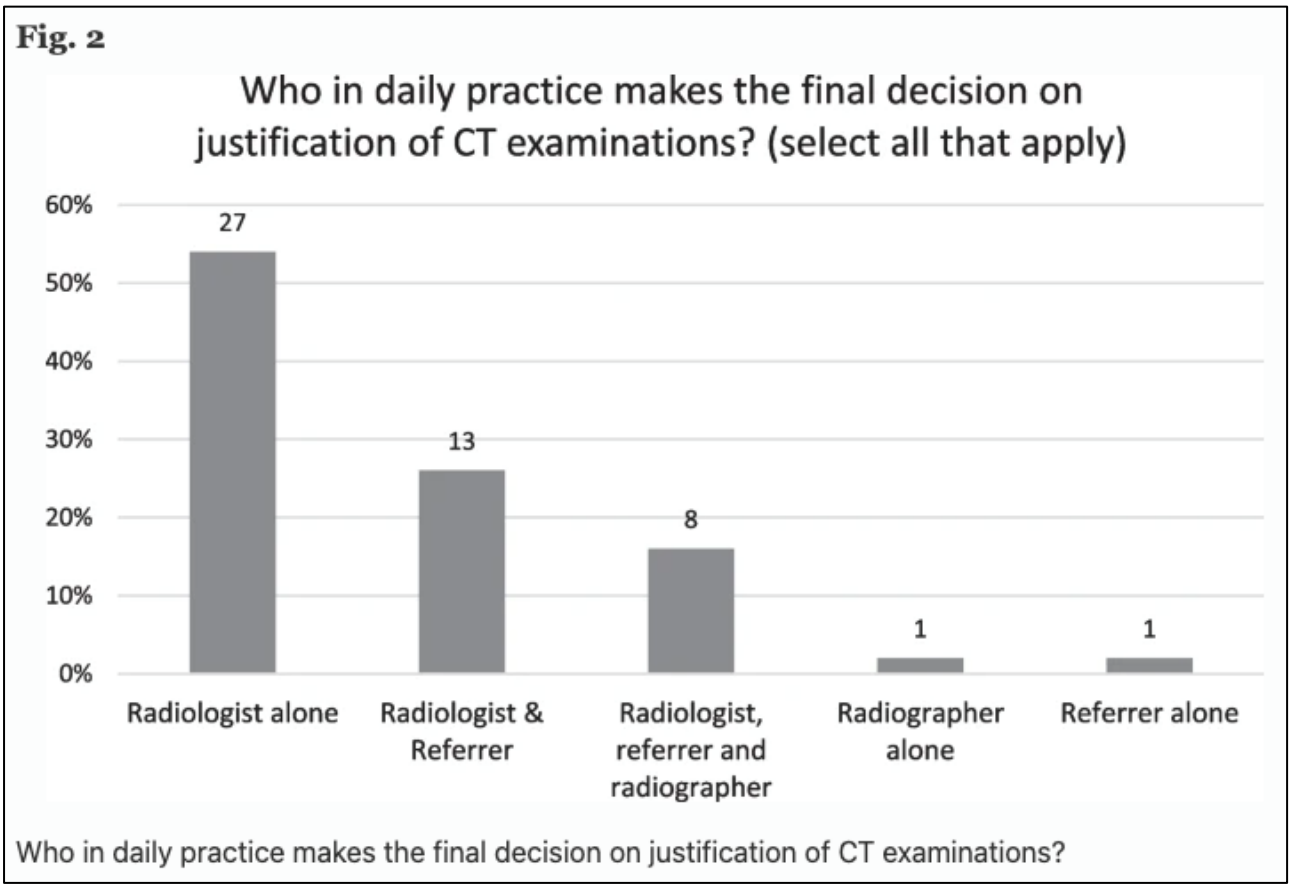
Country	National radiological society	National competent authority
Austria	Austrian Radiological Society	–
Belgium	Belgian Society of Radiology	Federal Agency of Nuclear Control (FANC–AFCN)
Bulgaria	Bulgarian Association of Radiology	National Centre of Radiobiology and Radiation Protection
Croatia	Croatian Society of Radiology	–
Cyprus	–	Cyprus Regulatory Authority
Czech Rep	–	State Office for Nuclear Safety (SÚJB)
Denmark	Danish Society of Radiology	Danish Health Authority, Radiation Protection
Estonia	Estonian Society of Radiology	Environmental Board
Finland	Radiological Society of Finland	Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK)
France	Société Française de Radiologie (SFR)	Autorité de Sûreté Nucléaire
Germany	Deutsche Röntgengesellschaft	Federal Office for Radiation Protection
Greece	Hellenic Radiological Society	Greek Atomic Energy Commission
Hungary	–	National Public Health Centre
Iceland	Radiological Society of Iceland	Geislavarnir ríkisins—Icelandic Radiation Safety Authority
Ireland	Faculty of Radiologists, Royal College of Surgeons in Ireland	Health Information and Quality Authority (HIQA)
Italy	Italian Society of Medical and Interventional Radiology (SIRM)	–
Latvia	Riga East University Hospital	–
Lithuania	Lithuanian Radiologists' Association	Radiation Protection Center
Luxembourg	–	Radiation Protection department, Ministry of Health
Malta	Maltese Association of Radiologists and Nuclear Medicine Physicians	–
Netherlands	Dutch Society of Radiology	–
Norway	Norwegian Society of Radiology	Norwegian Radiation and Nuclear Safety Authority
Poland	Polish Medical Society of Radiology	–
Portugal	Sociedade Portuguesa de Radiologia e Medicina Nuclear (SPRMN)	–
Romania	Romanian Society of Radiology	National Commission for Nuclear Activities Control
Slovakia	Slovak Radiological Society (SRS)	–
Slovenia	Slovenian Association of Radiology and University College Maribor	Slovenian Radiation Protection Administration
Spain	Spanish Society of Medical Radiology (SERAM)	–
Sweden:	Swedish Society of Radiology (SFMR)	Swedish Radiation Safety Authority
Switzerland	Swiss Radiological Society	Federal Office of Public Health
United Kingdom	The Royal College of Radiologists	Care Quality Commission (England)

4.　正当化の根拠と参考となるガイドライン

ほとんどの回答者（n=32; 63%）は，医療被ばくに関する正当化のためのガイドラインが定められていると回答しており，X線画像診断検査の正当化に関する依頼科医師と放射線技師の役割と責任が国内規制で定義されていると報告している（n=37;78%）．CT検査の依頼に関して正当化のガイドラインがないと回答したのはNSAのキプロス，デンマーク，エストニア，ギリシャ，ハンガリー，アイスランド，リトアニア，ルーマニア，スロベニア，スウェーデンとNRSのオーストリア，ベルギー，エストニア，ギリシャ，ポルトガル，スロベニアであった．具体的にはCT検査の正当化について個々のCT検査の正当化が法的要件であるかどうかという質問に対して強制的なものではないと回答したのはNRSのオーストリア，ベルギー，ギリシャ，アイスランド，ポルトガルからのわずか5団体であり，大多数が法的要件であると回答した（n=45;88%）．また，NRSのベルギーとポルトガルは，CT検査前の問診において医師による正当化がなされないと回答したが，大多数の回答が全ての検査ケースで正当化される（n=24;47%），または，大部分の検査ケースで医師によって正当化される（n=19;37%）と回答した(Fig1).



CT 検査の正当化を最終的に決定するのは放射線科医（n=27;53%），放射線科医と依頼科医師（13;27%），放射線科医と放射線技師（8;16%），3 者間（2;4%）と回答された．なかには，依頼科医師だけで決定する（NRS：スロバキア）と診療放射線技師だけで決定する（NRS：ラトビア）のような回答も見受けられた（Fig2）．全回答（n=51;100%）が放射線技師は CT 検査依頼をより適切な検査に変更する，あるいは依頼された検査が不適切であれば CT 検査を拒否する権利を有していると回答した．



画像診断検査を依頼するためのガイドラインは国によってさまざまであるがEuropean imaging referral guidelines (ESR iGuide Radiation Protection 118)が最も多く利用されていた（n=25;55%）(Fig3). NRSのポルトガルとNCAのルーマニアはガイドラインがないと回答したが，NRSのルーマニアはESR 118を推奨していると回答した．小児に特化したガイドラインの有無について尋ねたところ有ると回答したのはわずか24件（49%）であった．ガイドラインがある場合には放射線被ばくに関する情報も含まれているとの回答であった（n=30;61%）．ガイドラインはほとんどの国において電子媒体で入手可能であり，相でないと回答したのはわずか10件（20%）であった．ガイドラインが依頼システムに備わっていると回答したのはNCAのアイルランドとキプロス，NRSのスウェーデン，イギリスを含む4カ国（n=7;14%）であった．ガイドラインが依頼科医師や放射線技師に日常的に利用されているかどうかについては使われているとの回答は6件（13%）であった．この中にはNCAのフィンランドとドイツ，NRSのイタリア，ラトビア，ノルウェー，ルーマニア，スロバキアが含まれる．多くの回答はある程度利用している（n=27;56%）であった（Fig4）．

5. 新しい医療行為のための正当化

新しい医療行為の正当化に関する質問に対してほとんどの回答者（n=39;77%）は，新しい CT 検査を介した医療行為の正当化の責任は規定されていると回答した．新しい医療行為の正当化のプロセスを開始し多彩の責任の所在は医療機関（n=5;10%），個々の医療従事者（n=6;12%），専門学会（n=6;12%），事

業者・資格保持者（n=13;26）に至るまで多岐に渡った．ベルギー，アイスランド，ポルトガルの回答では，新しい医療行為の正当化のために国家的なしくみは無いと報告した 8)．新しい医療行為の正当化に使用される最も一般的な対応は国内学会（n=26;51%），または，地元の病院機構（n=25;49%）が実施するエビデンスに基づく対応であった．CT を用いた検診はわずか 20 件であり（Fig5），大多数（n=30;59%）は実施していないことが明らかとなった．CT による検診は 3 つの NCA（ブルガリア，チェコ，イギリス）と 5 つの NRS（フランス，ノルウェー，ポーランド，スペイン，イギリス）が承認された検診プログラムとして実施していた．一方，11 件の回答（NCA：ベルギー，ブルガリア，ギリシャ，ハンガリー，スイス，英国，NRS：オーストリア，フィンランド，ポルトガル，スペイン，スイス）において，そのような検診プログラム以外で CT 検診を受けたとの回答があった．しかし，7 カ国（ベルギー，ブルガリア，チェコ，フィンランド，フランス，ギリシャ，ノルウェー）は，自国での CT 検診の実施状況について回答が分かれた．このうち 4 カ国（NRS：ベルギー，ブルガリア，チェコ，ギリシャ）では，実施について否定的な回答をしている．

承認された検診プログラム以外の無症状者に対する画像診断検査の実施について関連学会からガイドラインを得ることができると回答したのはわずか 3 件（NCA:フィンランド，イギリス，NRS：ドイツ）であった．一部，入手可能としたのは 9 件（NCA：スイス，NRS：オーストリア，ブルガリア，フィンランド，アイルランド，ノルウェー）．オーストリア，ブルガリア，フィンランド，アイルランド，ノルウェー，ポーランド，ルーマニア，スペイン）であった．CT 検診を実施していると回答した 17 件のうち 11 件に国内規制があり，7 件が CT 検診の広告宣伝に関する規定を設けていると回答し，無症状者の自己呈示を認めるとしたのは 3 件（NCA：英国，NRS：フィンランド，ポーランド）だけであった．

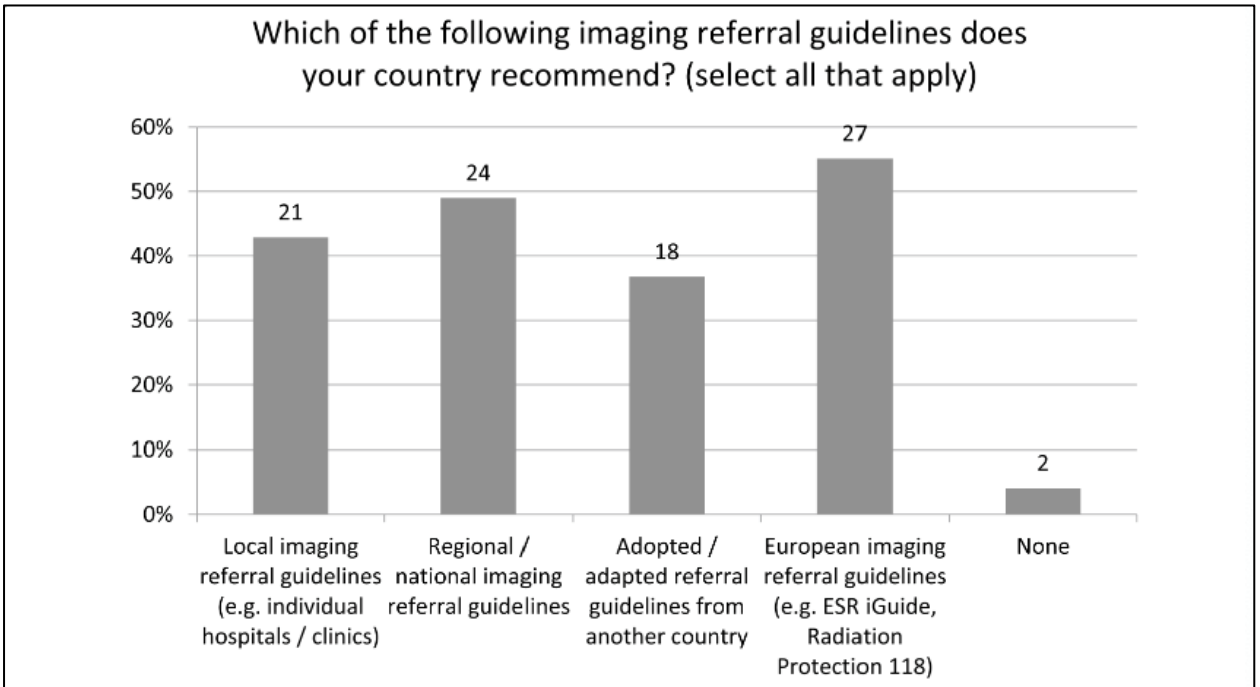


Fig. 3 Which of the following imaging referral guidelines does your country recommend?

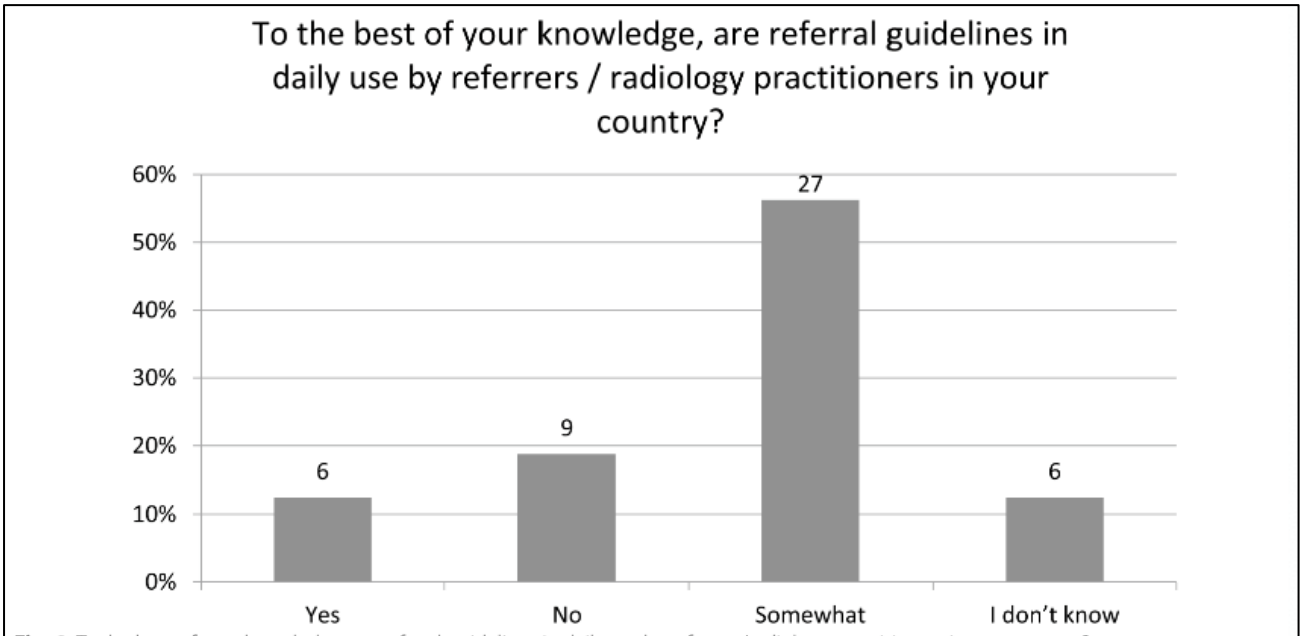


Fig. 4 To the best of your knowledge, are referral guidelines in daily use by referrers/radiology practitioners in your country?

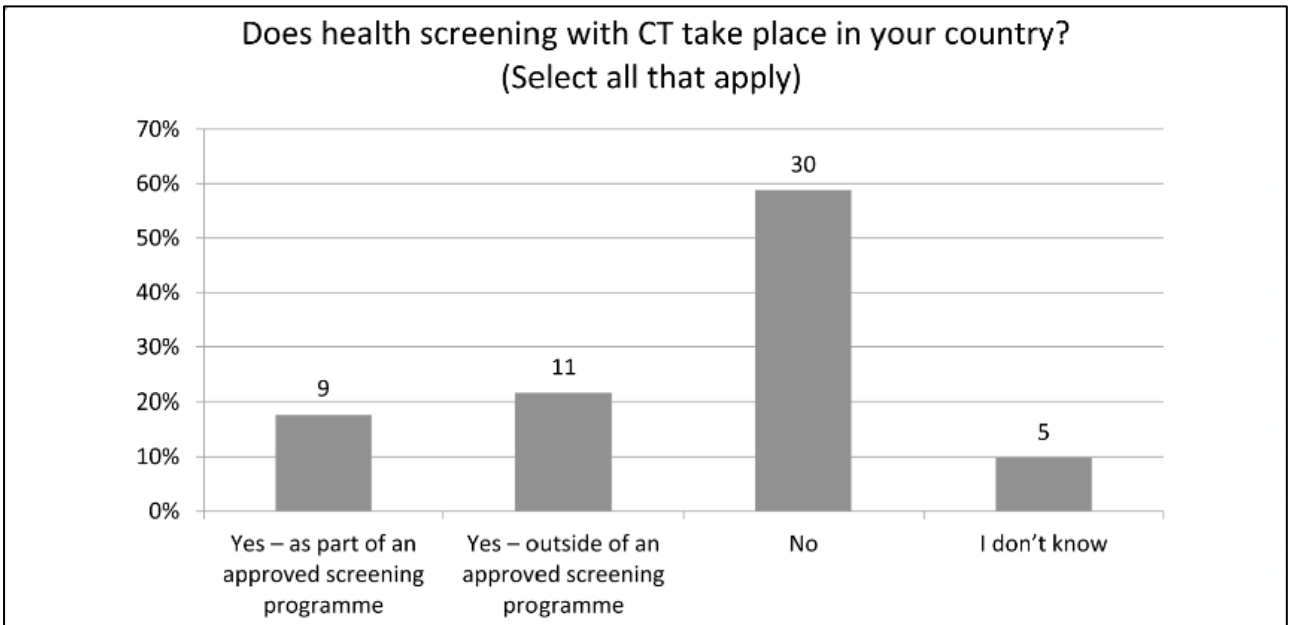


Fig. 5 Responses to whether health screening with CT takes place in your country?

6. 過去の調査

過去 10 年間に自国において CT 検査の妥当性に関する調査が公表されているか否かを尋ねた．11 カ国（クロアチア，チェコ，エストニア，フィンランド，フランス，アイルランド，イタリア，ルクセンブルグ，マルタ，ノルウェー，スウェーデン）の 15 件の回答者が肯定的であり，10 人が知らないと回答した．9 件の回答がこれらの報告された出版物へのリンクを提供したが，そのうちの 3 件（クロアチア 9)，フランス 10)，アイルランド 11)）はさらなる検討の結果，CT 検査に関する正当化に特化してお

らず，チェコ共和国，エストニア，マルタの調査は未発表であるとして確認された．CT 検査の正当化に関する過去の調査を報告した回答者には，調査から得られた主要な結果等の情報共有を依頼した．

7. 考察

本調査結果は欧州 30 カ国における CT 検査の正当化について，各国所轄官庁(NCA)と各国放射線医学会(NRS)双方の立場から最新の情報を提供するものである．その結果，CT 検査の正当化プロセスにおける放射線科医の早期関与の確保など，改善が必要な重要な領域が明らかになった．依頼に関するガイドラインはほぼすべての国で利用可能であると報告されているが，これらのガイドラインの周知と利用が明らかに不足しており，定期的な利用をさらに促進する必要性がある．医療サービスでは，画像診断の依頼に関するガイドラインを臨床判断支援システムに組み込むことを強く検討し，依頼科医師が紹介状を提出する前にそのガイドラインを確認することが求められるようにする必要がある．健康診断のための CT 検査は，承認された検診プログラムの内外を問わず，欧州では現在広く使用されていない．この貴重な画像診断法が可能な限り効率的かつ適切に使用されるよう，すべての EU 加盟国において CT 正当化のための定期的な調査が推奨される．

紹介者からのコメント

私がこの論文を紹介しようとした理由は考察にある一文に目を奪われたためである．以下が原文である．「Given the current contribution of CT to population radiation doses, it would be prudent to invest more resources into justification practices specifically in this modality, as substantial radiation dose savings could be achieved at a national level while also improving efficient use of healthcare resources.」＜要約＞医療被ばくにおいて CT 検査が占める割合は大きいため，このモダリティに特化した正当化についてもっと資源を投入し，体系を整えることで国家レベルにおいてかなりの被ばく線量を低減することが可能になる．

参考文献

1) PHE (2018) A retrospective review of justification of computed tomog- raphy examinations in Northern Ireland. Public Health England 2018 Contract No.: CRCE-RAD-00 4, London.
2) Bouëtté A, Karoussou-Schreiner A, Ducou Le Pointe H et al (2019) National audit on the appropriateness of CT and MRI examinations in Luxembourg. Insights Imaging 10(1):54.
3) Almen A, Leitz W, Richter S (2009) National survey on justification of CT examinations in Sweden. Contract No.: 2000-0456.
4) Venturelli F, Ottone M, Pignatti F et al (2021) Using text analysis software to identify determinants of inappropriate clinical question reporting and diagnostic procedure referrals in Reggio Emilia, Italy. BMC Health Serv Res 21(1):1–13.
5) Rehani MM, Melick ER, Alvi RM et al (2020) Patients undergoing recurrent CT exams: assessment of patients with non-malignant diseases, reasons for imaging and imaging appropriateness. Eur Radiol 30(4):1839–1846
6) Rastogi S, Singh R, Borse R et al (2020) Use of multiphase CT protocols in 18 countries: appropriateness and radiation doses. Can Assoc Radiol J 72:381–387.
7) Martins R, Raimundo P, Alves P et al (2020) Appropriateness of radiology test requests by an emergency

department: a retrospective study. Acta Med Port 33(1):7.

8) ICRP (1996) Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publica- tion 73. International Commission on Radiological Protection, Contract No.: 2.

9) Kralik I, Brkljacic B, Roic G et al (2020) Insight into imaging of children in Croatia—first results. European Congress of Radiology, Vienna.

10) Haute Autorite de Santé (2011) Compliance of requests indicator for imaging exams. Descriptive analysis of 2010 aggregated results and analysis factors associated with variability in results Campaign 2010.

11) Gillespie C, Foley S, Rowan M, Ewins K, NiAinle F, MacMahon P (2019) The OPTICA study (Optimised Computed Tomography Pulmonary Angiog- raphy in Pregnancy Quality and Safety study): rationale and design of a prospective trial assessing the quality and safety of an optimised CTPA protocol in pregnancy. Thromb Res 177:172–179.

Effectiveness of staff radiation protection devices for interventional cardiology procedures.

（心臓インターベンション治療におけるスタッフの放射線防護デバイスの有効性）

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Huet C / Physica Medica, March 2023.

文献の英文表記：著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Huet C, Dabin J, Domienik-Andrzejewska J, et al. Effectiveness of staff radiation protection devices for interventional cardiology procedures. Phys Med. 2023; 107: 102543. doi:10.1016/j.ejmp.2023.102543

論文紹介著者

松原　孝祐（金沢大学　医薬保健研究域保健学系）

論 文 解 説

近年，血管内治療に従事する放射線科医や循環器科医の間での脳腫瘍の発生が報告されており，前向きコホート研究において，対象群と比較して脳腫瘍による死亡率が 2 倍高かったという報告[1]や，左側の脳腫瘍の発生が多かったという報告[2]もある．したがって，これらのスタッフが適切な放射線防護措置を講ずることは重要である．スタッフの頭部を保護するためには，種々の放射線防護デバイスを利用可能である．デバイスの種類としては，たとえば鉛メガネや天井吊り下げスクリーンなどの頻繁に使用されるものから，患者用の放射線防護ドレープや，吊り下げ型の放射線防護ドレープのようなものまで存在している．

そこでこの論文では，心血管内治療に従事するスタッフにおける眼の水晶体および脳への線量を減らす目的で，現在利用可能な放射線防護デバイスの有効性が評価された．対象とした放射線防護デバイスは，フェイスマスク，キャップ，患者用ドレープ，スタッフ用の含鉛および無鉛エプロン，そして吊り下げ型（Zero-Gravity: ZG）システムの 5 種類であり，まずはこれらの性能がモンテカルロシミュレーション（MCNPX および MCNP 6.2）によって評価された．シミュレーションでは，異なる組織・臓器と線量計に対するエネルギー付与が MCNPX，MCNP の F6:p タリーで MeV/g 単位で評価された．なお，このタリーではカーマ近似が使用され，光子の相互作用によって生じた電子からのエネルギーは，局所的に付与されるという前提で計算が行われている．

シミュレーションでは，心血管内治療でよく用いられている 5 つのプロジェクションアングルである後前方向（postero-anterior: PA），左前斜位方向（left anterior oblique: LAO）45°，左側面方向（left lateral: LLAT），右前斜位方向（right anterior oblique: RAO）45°，および右側面（right lateral: RLAT）によるシミュレーションが行われた．また，術者の立ち位置は患者の右側で，照射野中心から 40 cm および 70 cm の位置とした（橈骨動脈アプローチおよび大腿動脈アプローチを想定）．なお，ZG システムについては 70 cm の位置のみでモデル化した．3 mm のアルミニウムを付加した管電圧 80 kV の X 線スペクトルを

入力し，線源検出器間距離は常に 90 cm，線源皮膚間距離は PA で 60 cm と皮膚受像器間距離は PA で 10 cm にそれぞれ設定された．受像器は中が空洞の鉛ボックス（側面 2 mm 厚，上部 5 mm 厚，内部は空気）としてモデル化された．

ファントムは，モンテカルロシミュレーションの際に一般的に用いられる 3 種類のファントム（定型化ファントム，ボクセルファントム，ハイブリッドファントム）から 5 種類の異なる数値（数学）ファントムが構築され，1 つは患者用，4 つはスタッフ用として，放射線防護デバイスの種類に応じて選択された．

フェイスマスクは市販されている 2 種類がモデル化され，評価された．キャップはその組成が有効性に及ぼす影響を調べるために，2 つの異なる組成（純鉛と銅を含まない金属合金）を持つ 1 つのキャップがモデル化され，評価された．患者用ドレープは 0.375 mmPb 当量の市販されている無鉛ドレープがモデル化され，評価された．スタッフ用の含鉛および無鉛エプロンは，含鉛エプロン 1 種類と無鉛エプロン 2 種類がモデル化され，評価された．全てのエプロンは同じデザインで，素材の構成と厚みのみが変更され，各エプロンについて、同じ厚さと構成のネックカラーもモデル化された．ZG システムは製造業者である Biotronik 社から提供された情報に基づきモデル化された．エプロンとアームフラップは場所によって 0.5～1 mm の鉛厚で，フェイスシールドは 0.5 mm の鉛厚とした．各種放射線防護デバイスの線量低減効果（有効性）は，デバイスを使用しない場合の吸収線量（DC）と使用した場合の線量（DRP）より，（DC – DRP）/ DC にて求められた．また，減弱効果はフェイスマスクおよびキャップの内部と外部に配置された線量計について，外部の線量計より得られた吸収線量（DA）と内部の線量計より得られた吸収線量（DB）より，（DA – DB）/ DA にて求められた．

モンテカルロシミュレーションの結果をさらに検証するために，Rando Alderson ファントムと熱ルミネセンス線量計による吸収線量測定が行われた．プロジェクションアングルは 3 種類（PA，LAO30°，LLAT）から 4 種類（PA，LAO30°，LLAT，RAO 30°）を使用して行われたが，これは使用頻度が高いこと（PA，LAO30°，RAO30°）と，スタッフの被ばく線量が高くなる可能性（LLAT）を考慮したものである．測定は 138 個の熱ルミネセンス線量計を用いて行われ，これらにより脳および頭部領域全体の吸収線量を評価した．また，左こめかみと両眼の水晶体における吸収線量を評価するために、これらの位置にも熱ルミネセンス線量計を追加で 3 個配置した．なお，既に著者らが先行研究でキャップ，患者用ドレープ，および ZG システムに関する評価を行っているため，この研究ではフェイスマスクと患者用ドレープに対してのみ行われた．

フェイスマスクとキャップのシミュレーションでは，不確かさは脳で 1%未満，眼の水晶体と水晶体用線量計で 1%～3%，その他の線量計で 5%未満であった．エプロンについては，実効線量の不確かさは 1%未満であった．ドレープのシミュレーションでは，脳の不確かさは 1%未満，眼の水晶体と水晶体用線量計でそれぞれ 3%と 8%未満，全身用線量計と実効線量はそれぞれ 4%と 1%未満であった．ZG システムのシミュレーションでは，脳の不確かさは 2%未満，眼の水晶体と全身用線量計の不確かさは，ZG システムを使用しない場合は 1%未満，ZG システムを使用した場合はそれぞれ最大 7 %と 12%，実効線量の不確かさは 1%未満であった．

モンテカルロシミュレーションによるフェイスマスクの評価では，眼の水晶体と脳でそれぞれ平均 65%と 25%の線量低減効果が得られたものの，フェイスマスクの設計の違いによる影響が大きいことが確認された．ファントム測定では，特に右眼の水晶体における線量低減効果が LLAT においてマイナス

の値となったが，これは不確かさの範囲であると考えられる．

脳に対するキャップの線量低減効果は，平均で 13%から 37%の範囲であったが，脳の上部のみが保護されていることが示され，かつキャップの内部と外部に配置された線量計から計算された減弱効果は，脳の線量低減効果の推定量としては不十分であることが示された．

患者用ドレープは，シミュレーションとファントム測定から得られた頭部の線量低減効果はいずれも低く，シミュレーションでは脳と眼の水晶体で平均約 3%の線量低減効果が認められたものの，ファントム測定による線量低減効果は，眼の水晶体で平均 7%未満であり，脳では明らかな線量低減効果は認められなかった．

スタッフの含鉛および無鉛エプロンについては，3 つのエプロンのいずれにおいても，術者の立ち位置が 40 cm から 70 cm に離れると線量低減効果がわずかに低くなったが，これは主に肺，食道，脳，心臓などの一部の臓器の線量低減効果の低下によるものであった．また，鉛含エプロンと無鉛エプロンの線量低減効果に有意差は認められなかった．

すべてのデバイスの中で，ZG システムによる脳と眼の水晶体に対する線量低減効果は最も高く，通常エプロンで防護されている臓器に匹敵する線量低減効果が認められた（表 1）．

表 1　一次ビームから 70 cm の位置におけるさまざまな投影に対する
ZG システムの線量低減効果（%）のシミュレーション

組織	PA	LAO45°	LLAT	RAO45°	RLAT
左肺	40	41	46	5	-18
右肺	79	80	83	73	69
胃	71	77	76	66	-18
大腸	90	88	88	90	48
心臓	73	73	75	63	60
脳（左側）	96	96	97	95	96
脳（右側）	97	97	98	97	97
甲状腺	90	94	88	85	93
精巣	65	61	55	81	76
左水晶体	97	97	98	98	98
右水晶体	98	99	99	99	99
実効線量	77	77	75	77	82

以上より，調査されたすべてのデバイスは，特定の臓器への線量を低減する可能性が示された．ただし，フェイスマスク，キャップ，患者用ドレープについては，デザイン，照射条件，スタッフの位置に大きく依存することが確認された．したがって臨床使用のためには，計画された使用条件での有効性を評価することが望ましいと結論付けている．

〇所感

この研究では，主にモンテカルロシミュレーションによって，ファントム測定だけでは評価が難しい各臓器の吸収線量を評価することで，各種放射線防護デバイスによる各臓器の線量低減効果（有効性）を評価している．モンテカルロシミュレーションでは，心血管内治療でよく用いられている 5 つのプロジェクションアングルとして PA，LAO45°，LLAT，RAO45°，RLAT の 5 つが選ばれている．これらをファントム測定におけるプロジェクションアングルとあえて異なるものにした理由は不明であるが，心血管内治療の際のワーキングアングルは，症例や施設による違いが大きいのは周知の事実である．この研究で提示されている結果より，プロジェクションアングルの違いによる各種放射線防護デバイスの有効性は大きく異なることが予想されることから，著者らが結論付けている「臨床使用のためには，計画された使用条件での有効性を評価することが望ましい」という点はまさにその通りであり，各種放射線防護デバイスの線量低減効果をあまり過信せずに，どのような場合にどのような放射線防護デバイスが有効であるかという点を丁寧に評価していくのが大切であろう．

また，論文に提示されている図を見る限り，装置やファントムはかなり詳細にモデル化されている印象を受ける．この研究自体は MEDIRAD プロジェクトという Euratom の研究およびトレーニングプログラムの一環として助成金を受けて実施されたものであり，かなり高性能なコンピュータを用いて実施された可能性があるが，それでも散乱線によるエネルギー付与を高い精度で計算するためには莫大な時間を要するため，かなりの時間と労力を伴った研究だったのではないだろうか．モンテカルロシミュレーションの計算結果における計算精度を表す不確かさは 1%未満となるのが理想であるが，多くの評価項目でそれが実現できていないところからも，やはり莫大な計算時間がかかり，ある程度のところで妥協せざるを得なかったことが予想される．

参考文献

1) Rajaraman P, et al. Cancer Risks in U.S. Radiologic Technologists Working With Fluoroscopically Guided Interventional Procedures, 1994-2008. AJR Am J Roentgenol. 2016;206(5):1101-8.
2) Roguin A, et al. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. Am J Cardiol. 2013;111(9):1368-72.

Comparison of all solid cancer mortality and incidence dose-response in the Life Span Study of atomic bomb survivors, 1958-2009.

（原爆被爆者の寿命調査（1958-2009 年）における全固形がん死亡率および罹患率の線量反応比較）

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Alina V. Brenner / Radiation Research. 197 May 2022.

文献の英文表記：著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Brenner AV, Preston DL, Sakata R, Cologne J, Sugiyama H, Utada M, Cahoon EK, Grant E, Mabuchi K, Ozasa K. Comparison of All Solid Cancer Mortality and Incidence Dose-Response in the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors, 1958-2009. Radiat Res. 197(5):491-508. 2022. doi: 10.1667/RADE-21-00059.1. PMID: 35213725.

論文紹介著者

森 祐太郎（筑波大学 医学医療系）

論 文 解 説

低線量被ばくによるがんリスクについては，未だに明確なエビデンスが無く議論は尽きない．がんリスク推定の際に重要なデータとして，ヒトに関する疫学調査研究が挙げられる．しかし，低線量被ばくに関するデータはサンプルサイズの制約から，統計的な検出力が十分であるとは言い難い．ヒトの疫学研究でゴールドスタンダードとなるのが広島・長崎の原爆被爆者のデータであり，その理由として，サンプルサイズの大きさ，広い被ばく線量域と，Life Span Study（LSS）による精度の高い追跡調査の結果に基づいている．LSSの結果等を背景に，国際放射線防護委員会（International commission on radiological protection: ICRP）は，放射線防護の目的上，単純かつ合理的な仮定として直線しきい値なし（Linear Non-Threshold: LNT）モデルを採用しているが，このことは今日の放射線防護の法体系の基盤となっている．本稿ではLNTモデルの是非を議論するのではなく，LNTの基盤となるLSSの結果がアップデートされたため，確率的影響の今後を考えるための1つの知見として本研究結果を紹介したい．

1. 全固形がんの死亡率と発生率のアップデート

本研究では死亡率の追跡調査を2009年まで延長し，男性と女性とに分けて過剰相対リスク（excess relative risk: ERR）を評価している（図）．その結果の要点は以下の通りである．

- 死亡率については0～2 Gyの範囲において，男性・女性ともに上向きの曲線が最も適していた．
- また，発生率については，男性では上向きの曲線が統計的に有意であったが，女性ではそのような傾向は確認できなかった．

- 男性・女性のERRの比較では，死亡率では有意差はみられず，発生率では有意差がみられた．

驚くべきことに，最新の知見では，Linear モデルではなく，Quadratic モデルが適している可能性が示されている．

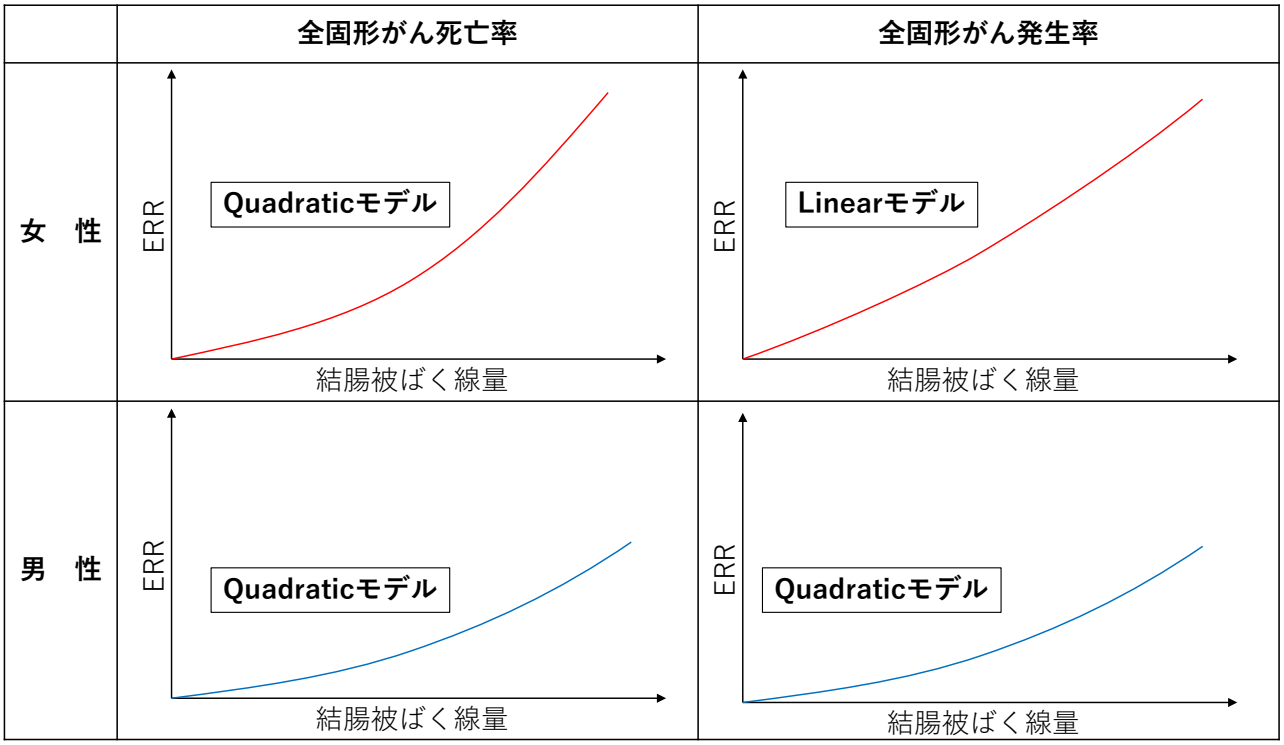


図　最新LSS（1958~2009）による被ばくによる男女別全固形がん死亡率・生存率
（紹介論文Fig.2を参考に作成）

2.　Quadraticモデルとなった理由

本研究が従来法と異なる点は以下の通りである．

- 2009年までのLSSのデータを用いた．
- ベースライン，交絡因子である喫煙，男性・女性それぞれの年齢に応じたERRの傾向の調整を加えたことで，全ての固形がん死亡率モデルで赤池情報量（不確かさを定義する量）の増加を抑えることができた．
- 4 Gyを超え，線量の推定値の不確かさが大きい高線量域のデータを再調整した．線量推定には最新のDS02R1を用いた．

これらの相違点から，Quadraticモデルとなった考察は以下の通りである．

- 死亡率と発生率の違いの最大の理由は，がん種による生存率の違いとがん種の構成の違いである．例えば，甲状腺がんや良性の脳腫瘍等は生存率が高いため，固形がん死亡率のデータが増加するほどそれらのがんが含まれる割合が多くなる．特に女性は婦人科系のがんによる影響は大きい．実際，全ての固形がんの発生率から甲状腺がんと乳がんを除外して女性のERRを分析すると，Quadraticモデルが適し，その曲率が増加するという報告もある[1].

- LSSのデータが更新されたことで，これまで潜伏期間であった放射線関連の症例数が増加した．例えば，追跡期間の延長により性別の違いや小児期に被ばくした生存者の影響が大きくなる可能性がある．つまり，原爆被爆時の年齢からの時間経過により，評価結果も変化する可能性があることを示している．このことは，他にも追跡期間の延長によりがん死亡率のERRが増加するという報告があり矛盾はない[2]．実際，LSSのメンバーの約44%が被爆時に20歳未満であり，本研究においても，時間経過による固形がんの死亡率と発生率の割合の変化を調べてみると，女性で特に顕著であるということがわかった．

3. 結論

最新の LSS のデータにより，放射線被ばくによる発がん発生率，死亡率は男性において Quadratic モデルである根拠が示された．女性では固形がん死亡率で Quadratic モデルが適する結果が得られたが，がん種により複雑となっていることがわかった．今回，Quadratic モデルが後押しされた理由は，小児期の被爆者のデータの影響であり，さらなる追跡調査の結果によっては，研究結果が変わる必要がある．LNT のデータが変わりつつあることに個人的には驚きを隠せず，本論文はオープンアクセスであり，興味がある方はぜひご一読いただきたい．ただし，この結果によって今すぐ ICRP の見解が変わるかと言われるとそのようなことはなく，これから多くのエビデンスが積み重なり，その結果によって議論がはじまるという点に注意いただきたい．現状，放射線管理をする上では LNT モデルによる管理を引き続き行っていく必要があるが，日々の被ばく相談においてより正確なエビデンスを示すために，我々は現状の知識で満足せず，常に最新の情報を収集する必要がある．

参考文献

1) Cologne J, Kim J, Sugiyama H, French B, Cullings HM, Preston DL, Mabuchi K, Ozasa K. Effect of Heterogeneity in Background Incidence on Inference about the Solid-Cancer Radiation Dose Response in Atomic Bomb Survivors. Radiat Res. 2019 Aug;192(4):388-398. doi: 10.1667/RR15127.1.
2) Ozasa K, Shimizu Y, Suyama A, Kasagi F, Soda M, Grant EJ, Sakata R, Sugiyama H, Kodama K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases. Radiat Res. 2012 Mar;177(3):229-43. doi: 10.1667/rr2629.1. Epub 2011 Dec 15. Erratum in: Radiat Res. 2013 Apr;179(4):e40-1. PMID: 22171960.

Radiation dose of the eye lens in CT examinations of the brain in clinical practice −the effect of radiographer training to optimise gantry tilt and scan length-.

（臨床現場における頭部 CT 検査の水晶体被ばく線量について－ガントリの傾きとスキャン長を最適化するための放射線技師トレーニングの効果）

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Tarkiainen, J. / Radiation Protection Dosimetry, ncad002.

文献の英文表記：著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Tarkiainen, Jeremias, et al. "Radiation dose of the eye lens in CT examinations of the brain in clinical practice—the effect of radiographer training to optimise gantry tilt and scan length." Radiation Protection Dosimetry (2023): ncad002.

論文紹介著者

西丸　英治（広島大学病院）

論 文 解 説

頭部 CT 検査では，常に水晶体が被ばくしている．しかし，ガントリの傾きとスキャン長を最適化し，水晶体をスキャン領域から除外することで，水晶体の被ばく線量を低減することが可能となる．本研究の目的は，頭部 CT 検査においてガントリの傾きとスキャン長による最適化が十分であったかどうかレトロスペクティブに分析し，CT 検査の質に対する診療放射線技師のトレーニングの効果を分析することである．

本研究は 2 部構成で行われた．2017 年から 2019 年にタンペレ大学病院で実施された 329 件の頭部 CT 検査をレトロスペクティブに調査した．その結果，水晶体の線量は，眼球が撮影範囲に含む場合は 25.9 mGy (17.8-49.2mGy) ，眼球が撮影範囲に含まれない場合は 1.5 mGy (0.4-1.9mGy) であった．ガントリを傾斜して撮影を行う方法が広く使われているにもかかわらず，ガントリの傾斜とスキャン長が最適でないため，不必要な水晶体被ばくが慣例的に行われている事が確認された．

撮影する診療放射線技師のトレーニングにより，より最適なガントリの傾きとスキャン長により，水晶体の被ばく線量を低減することができる．

Introduction

CT 検査の被ばく線量は，ハードウェアと再構成アルゴリズムの進歩により減少しているが，CT 検査は依然として医療用の画像診断装置による放射線被ばくの主な要因となっている．頭部 CT 検査は，成人および若年者の CT 検査の 40%～65%を占めており，その最適化（患者線量の低減）が必要とされている．さらに，目の水晶体は最も放射線感受性の高い器官の一つであり，被ばく量が増加すると世界的に失明や視覚障害の主な原因である白内障を引き起こす可能性がある．放射線による誘発性白内障は，閾値が 500 mSv である．しかし，いくつかの

研究では白内障の形成がそれより低い放射線量に関連する可能性があることを示しており，また他の研究では目の水晶体が当初考えられていたほど放射線感受性が高くない可能性があることを報告している．白内障を引き起こすのに必要な被ばく線量に関する論争はあるものの，頭部 CT 検査は最適化され水晶体の被ばくを抑える必要がある．

現在，水晶体の被ばく線量は臓器別の線量変調を適応，またガントリの傾斜角度を最適化することによっても低減することが可能である．ガントリの傾斜角を眼窩上線（SOML，Fig.1）に合わせると，水晶体は一次ビームに暴露されず，放射線量は 75-93％低減される．しかし，Omer らは，撮影プロトコルや操作者のトレーニング不足により，水晶体の被ばく線量にばらつきが生じる可能性があることを指摘している．

本研究の目的は，頭部 CT 検査における水晶体の被ばく線量を低減するために，診療放射線技師のガントリ傾斜角とスキャン長の選択の使用方法を調査し，最適化することである．まず，撮影プロトコルの見直しを検討し，診療放射線技師が最適なガントリ傾斜角とスキャン長を適用するためのトレーニングを実施した．次に水晶体の照射体積と被ばく線量を調査した．トレーニングの効果を評価するためにトレーニングの前後でその影響を評価した．

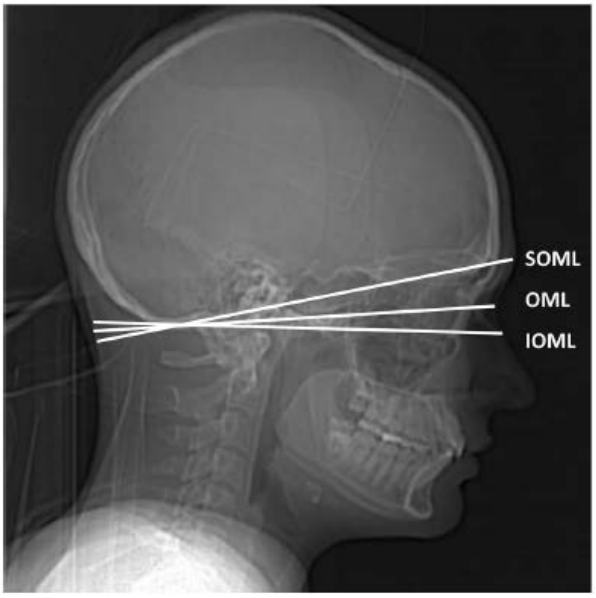


Figure 1. The three anatomical reference lines used to fit the gantry tilt angle to the anatomy. These reference lines were used in the present study to classify the examinations: SOML (Class A), OML (Class B) and IOML (Class C).

Materials and methods

本研究は，年間 15,000 件の頭部 CT 検査が行われているタンペレ大学病院において実施された．この研究には，傾斜ガントリ（±30 度：最大傾斜，0.5 度刻み）を特徴とする Revolution GSI スキャナ（GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA）を使用してスキャンされた．この研究は，レトロスペクティブな部分とプロスペクティブな部分がある．レトロスペクティブパートでは，以下のような基準を設定した．

(1) 2017 年から 19 年の間に Revolution GSI スキャナを使用してスキャンした患者

(2) 16 歳から 40 歳の患者

(3) 眼窩部を意図的にスキャンする適応がない

(4) アキシャル画像が利用可能である．

(5) 線量を増加させるインプラントがないこと.

最終的に, 329 件の脳 CT スキャンがレトロスペクティブ解析の対象となった. そのうち 8 人はシャントがあり, 1 人は脳深部刺激電極があった. これらの患者の CTDIvol は他と差がなかったため, 対象とした. 患者から収集したデータは, 年齢, 性別, CTDIvol, DLP, ガントリ傾斜角であった. その結果を評価し, 認識された問題に対応するために診療放射線技師のトレーニングを調整した. 診療放射線技師のトレーニングが画像最適化に及ぼす影響をさらに分析した. 診療放射線技師は, 頭部 CT 検査における画像最適化の原則について指示を与えトレーニングを受けた. フォローアップの解析は, 2021 年 10 月に CT 検査を受けた 51 例を対象とした.

プロスペクティブ群の対象基準はレトロスペクティブ群と同じであったが, フォローアップ期間中にスキャンされた 40 歳未満の患者はわずかであり, サンプルサイズが小さくなりすぎるためフォローアップ解析では年齢基準を設けなかった. フォローアップの CT 検査は, 最初の患者群と同じ原則に従って解析された. 最適な頭部 CT スキャンでは, 水晶体は一次放射線を浴びていない. ガントリの傾きとスキャン長が最適かどうかを, 3 つのカテゴリーで分類した.

・クラス A では, スキャン領域が SOML に適合している.

・クラス C では, スキャン領域が IOML 以下に収まっている.

・クラス B はクラス A とクラス C の中間で, スキャン領域が OML 付近にフィットする（Fig.1）. CT 画像スタック中の最下位画像を用いて分類した（Fig.2）.

水晶体の線量は, CT-Expo v.2.7 (SASCRAD, Buchholz, Germany)を用いてモデル化した. CT-Expo は Visual Basic for Applications を使用して Microsoft Excel に実装されている. このアプリケーションは, CT 検査を受ける患者の性別, 年齢層に関連した全身および臓器別被ばく線量を評価するために使用することが可能である. CT-Expo は, 本研究で使用した GE Revolution GSI スキャナを含む様々な CT スキャナで検証されている. CT-Expo はガントリを傾けた場合の線量モデリングをサポートしていないため, 水晶体の線量は 0 度のビーム角を使用してモデリングされた. CT-Expo のファントム露光量選択は Z 方向に 1 センチ刻みで行われるため, クラス B では不確定要素が発生する. この制約を考慮した結果, クラス A と C のみ, Z 方向のボリュームを目の上と目の下に限定して, アイレンズ線量をモデル化した. 線量計算のためのモデリングパラメータは, 脳スキャンの DICOM ヘッダから収集された. X 線管電圧, 水晶体が見える画像(Class C)またはスタックの一番下の画像(Class A)の管電流, 回転時間, 全コリメーション幅, 動作モード（セクション重複のないアキシャルモード, スライス厚, 患者の性別）を含んだ. 女性患者は EVA 成人女性ファントムを, 男性患者は ADAM 成人男性ファントムを用いてモデル化した. モデリングスキャン長は, ファントムの頭蓋骨全体をカバーするように選択し, レンズ全体がスキャン領域内（Class C）またはスキャン領域外（Class A）にあることを確認した. 計算された水晶体被ばく量は, Class C のスキャン長が Class A であるか Class B であるかによって大きく変化しないものと仮定した. Class C のスキャン長が眼球直下まででも眼球の付け根まででもあるいは下顎骨の付け根まで延長しても, 水晶体被ばくの計算に大きな変化はなかった. このモデル化された水晶体等価線量は, 文献にある水晶体線量と比較された. 水晶体等価線量は, 文献に記載されている水晶体等価線量と比較した. 中央値および範囲は連続変数として計算し, Kruskal-Wallis H または Mann-Whitney U 検定で比較した. カテゴリー変数は割合のパーセンテージで表した. この研究のデータは, オープンな形で Mendeley Data に掲載されている（doi: 10.17632/2xyyhzts9x.3(23) .統計は, SPSS バージョン 27.0 を用いて計算した. 統計ソフト(IBM, Armonk, NY, USA)を用いて計算した.

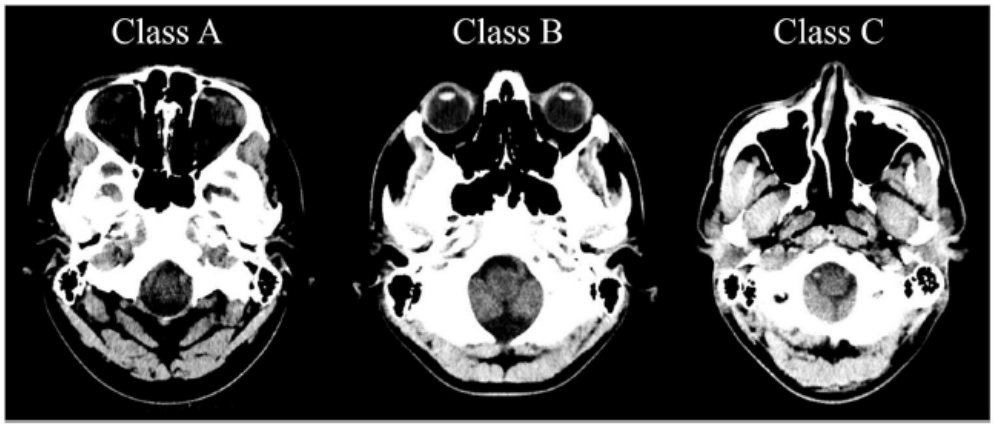


Figure 2. The lowest image in the stack was used to classify the examination. From left: Class A—lens exposed only to scattered radiation, Class B—lens partially exposed to primary radiation and Class C—lens fully exposed to primary radiation.

Results

トレーニング前後での結果は，Class A の CT 検査の数が 1.8 から 11.8%に増加し，水晶体に有利な CT 検査の割合が増加した．CTDIvol と水晶体の線量の比率の詳細を Table 1 に示す．水晶体が撮影範囲にある CT スキャンでは，CTDIvol が高くなる傾向があった．水晶体の吸収線量（D_{lens}）は，訓練前の設定では Class C で 25.9 mGy，Class A で 1.5 mGy，訓練後の設定では Class C で 28.3 mGy，Class A で 2.2 mGy となった（Fig. 3）．また，DLP 値も Class A 分類の検査に比べ Class B，C の検査で高くなる傾向があった（Table 1，Fig. 4）．本研究では，水晶体が一次放射線を受けている場合，水晶体の吸収線量は CTDIvol の 66～129%であった．水晶体の吸収線量は CTDIvol の 5～8%であり，スキャンエリアから外れた場合に水晶体の線量は大幅に減少した．

ガイドラインによると，スカウト画像から確認される SOML への角度に合わせて，頭を倒す（首を曲げて顎を胸骨に近づける）またはガントリを傾ける必要がある．DICOM ヘッダで最も多かったガントリ角度は，患者の頭部が倒れ SOML が垂直のときにゼロ角度を使用するよう診療放射線技師に位置決めをされているために事前トレーニングの設定では 0 度であった（Fig. 5）．その他のガントリ角度は平均値 9.5 度と正規分布に近く，多少の傾きが必要であることを示している．トレーニング後の環境では，最も頻度の高い傾斜角度は 14 度であった．ガントリチルトを使用した検査の割合は，トレーニング前とトレーニング後では異なっていた．トレーニング前では 85%，トレーニング後では 98%の検査でガントリチルトが使用されていた（Fig. 5）．

Table 1. Medians and ranges for the $CTDI_{vol}$, DLP and lens doses. *P*-values represent the statistical difference between the Class A–C groups.

	Class A	Class B	Class C	*P*-value
Pre-training				
n (%)	6 (1.8)	226 (68.7)	97 (29.5)	—
$CTDI_{vol}$ mGy (median and range)	27 (8–29)	28 (20–47)	30 (22–52)	<0.001[a)]
DLP (median and range)	329 (64–422)	407 (270–678)	474 (313–973)	<0.001[a)]
D_{lens} mGy (median and range)	1.5 (0.4–1.9)	—	25.9 (17.8–49.2)	<0.001[b)]
$D_{lens}/CTDI_{vol}$ (median and %)	5.6 (5.0–6.8)	—	87.3 (65.9–129.4)	—
Post-training				
n (%)	6 (11.8)	30 (58.8)	15 (29.4)	—
$CTDI_{vol}$ mGy (median and range)	30 (27–34)	31 (23–38)	31 (26–41)	0.787[a)]
DLP (median and range)	441 (377–507)	448 (337–551)	476 (379–713)	0.003[a)]
D_{lens} mGy (median and range)	2.2 (1.6–2.4)	—	28.3 (23.7–42.0)	<0.001[b)]
$D_{lens}/CTDI_{vol}$ (median and %)	6.7 (5.3–7.7)	—	95 (69.7–123.5)	—

[a]Kruskal–Wallis test. [b]Mann–Whitney *U* test.

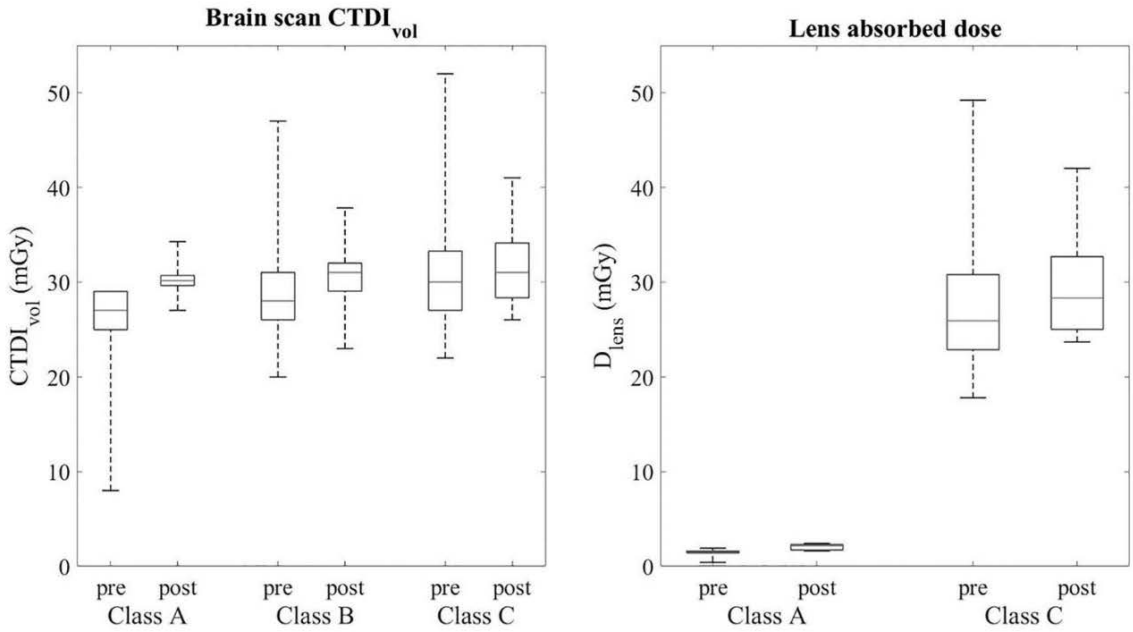


Figure 3. The comparison of CTDIvol and lens absorbed dose pre- and post-training.

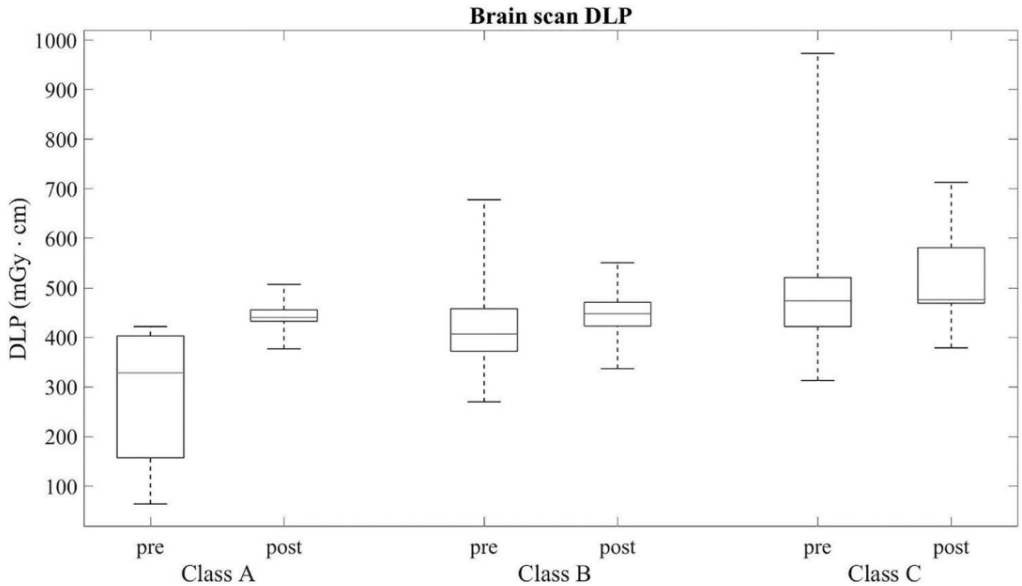


Figure 4. DLP pre- and post-training. The variation of the examination lengths has decreased showing the positive effect of training in examination quality. In Class A, the post-DLP has increased as the few patients in it have been scanned consistently from the top of the brain to the SOML.

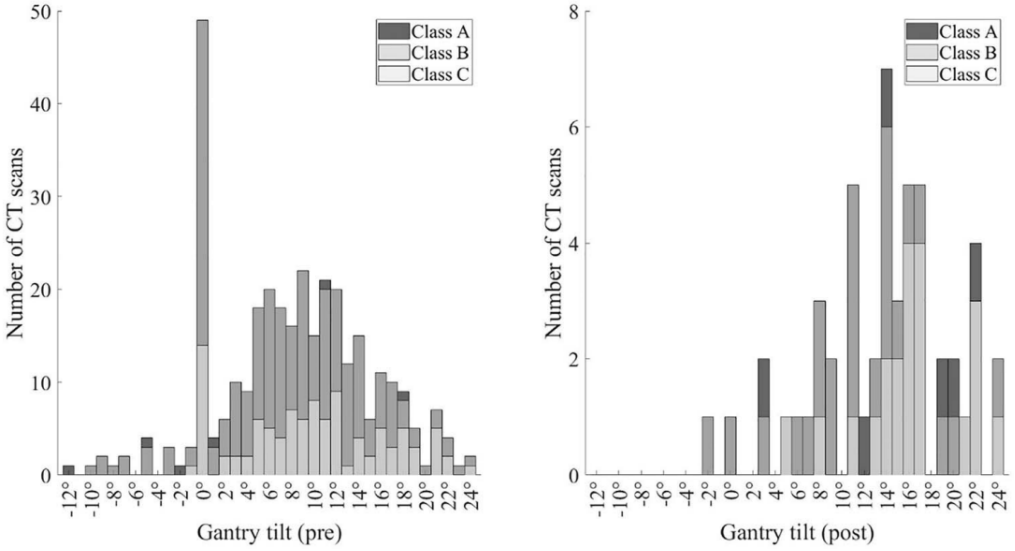


Figure 5. Histogram of the used gantry tilt angles before (left) and after (right) training. The distributions are similar but the extensive use of 0-degree tilt angle is not present after training.

Discussion

CT 検査による被ばく線量は，過去 10 年間に著しく減少したものの，依然として CT 検査を受ける患者の大きな関心事である．また，被ばく量は，日々の撮影業務や最適化に大きく左右される．CT 検査の数が増加する一方で，最適化の努力も必要である．

日常の病院診療において，特に救急では CT 撮影の増加傾向が続いており，診療実績はさらに厳しくなっている．同じ病院内でもメーカーや機種が異なる CT 装置が存在し，すべての装置のガントリ傾斜は可能ではない．診療放射線技師は，多忙な日常業務において複数の異なる CT スキャナを使用することが多い．そのため，各機器の機能を可能な限り効率的に使用し，高品質な最適化を行うために各機器に関する強い専門知識と知識を持つ必要がある．

今回の二部構成の研究では，診療放射線技師のトレーニングが CT 検査の質を高めることを明らかにした．しかし，トレーニング後でさえ最適な検査は 11.8%に過ぎなかった．さらに，個々の CT 検査について調査したところ，特にトレーニング後ではガントリ傾斜を使用しても水晶体の除外を行うことができない場合があることが明らかとなった．これは，患者によって頸部の可動性が制限され，ガントリを十分に傾斜させることができないためである．また，多くの患者は外傷患者として CT スキャンに運ばれてくるため，頚部固定装置により傾斜できない場合もある．水晶体を完全に除外することはできないので場合によっては，一部が撮影領域に入っていても脳の後部が撮影領域に含まれるように数枚余分にスライスしたほうが良いかもしれない．脳の後部が撮影領域から外れると，CT スキャンを追加することになり，放射線被ばく線量が高くなりすぎるためである．従来は，レンズの保護にビスマスシールドが使用されていた．ビスマスシールドによって水晶体線量を 38%減少させることができることが知られている．いくつかの研究では，ガントリ傾斜はビスマス遮蔽と比較してより効果的に水晶体の線量を減少させることが示されている．さらに，眼窩部での X 線の減衰が大きくなるとその部分の管電流が増加し水晶体の線量が増加するためシールドの使用は逆効果となる場合もある．いくつかの研究では，水晶体の線量を低減するために，器官ベースの管電流変調技術の有用性が報告されているが水晶体の線量低減は 9～30%の幅がある．

文献と我々の知見からガントリの傾斜は，CT 検査における水晶体の線量を低減する最も効果的な方法である

ことに変わりはないと思われる.

この研究のレトロスペクティブな部分では，残りの生涯において X 線検査による高い累積線量を受ける可能性があるため，16～40 歳の患者のみを対象とすることにした．頭部 CT 検査の大部分は 40 歳以上の患者に対して行われているため，このことは対象とする検査数を制限することになる．16 歳以下の小児は撮影プロトコルが異なるため対象外とした．16 歳以下の子供も別の撮影プロトコルが使用されるために対象外とした.

トレーニング前の設定で，最も使用されたガントリの傾きは位置決めの体位の影響により 0 度であった．トレーニング後，0 度のガントリ傾斜の使用はほぼゼロになった．これは，トレーニング後に，より研究の最適化に注意を払ったことを示していると思われる．2020 年にイランで行われた Ebrahiminia らの研究では，診療放射線技師のトレーニングにより水晶体への放射線量が 83%減少したことが明らかになった．本研究では，Class B の検査の線量推定が算出できなかったため，同様の割合を算出することはできなかった．しかし，我々の CT-Expo の線量推定値は，ガントリの傾きが適切であれば，同様の線量低減が達成されることを示唆している.

本研究では，線量モデリングにいくつかの限界があった．まず，ガントリの傾きは，CT-Expo ではモデル化できなかった．また，Z 方向の管電流変調をモデル化する代わりに水晶体中央のスライスから選択された管電流を計算に使用した．CT-Expo は電流変調に対応しているが，水晶体領域でどのように正確に電流を変調させるかのコントロールが確認不足であった．現実的な線量の結果を得るためには，水晶体領域で使用する管電流を選択することが重要であった．水晶体領域以外での管電流の変調は，散乱線のため，水晶体の線量に無視できない可能性がある．CT-Expo で電流変調をテストしたが，全体の結果を大きく変えることはなかった．さらに，CT-Expo のファントムの結果であるため，Class B のレンズの線量はモデル化されていない．Class B の線量は Class C の線量より低いかもしれないが，水晶体が部分的に露出しているため Class A ほど低くはないと考えられる.

Conclusion

結論として，頭部 CT 検査において水晶体には照射されるがスキャンにおいて主要な関心事ではないため，ALARA に従って線量を低減する必要がある．ガントリの傾きとスキャン長を最適に使用することで，水晶体の線量を大幅に低減することができる.

診療放射線技師のトレーニングは，集団レベルで水晶体の線量を減少させることができる．画像診断における放射線安全には，画像診断プロトコルを最適化し人員を訓練して現在のレベルを維持して開発プロジェクトや新技術によって段階的に改善する継続的な努力が必要である.

Young people's perspectives of thyroid cancer screening and its harms after the nuclear accident in Fukushima Prefecture: a questionnaire survey indicating opt-out screening strategy of the thyroid examination as an ethical issue.

（福島県における原発事故後の甲状腺がんスクリーニングとその弊害に関する若者達の考え：アンケート結果を基にした甲状腺検査のオプトアウト手法の倫理的問題）

第一著者名・掲載雑誌・号・掲載年月

Midorikawa S. / BMC Cancer. 2022, 22 235.

文献の英文表記：著者名・論文の表題・雑誌名・巻・号・ページ・発行年

Midorikawa S, Otsuru A. Young people's perspectives of thyroid cancer screening and its harms after the nuclear accident in Fukushima Prefecture: a questionnaire survey indicating opt-out screening strategy of the thyroid examination as an ethical issue. BMC Cancer 2022, 22 235.

論文紹介著者

大葉　隆（福島県立医科大学）

論 文 解 説

1. 論文の要約

甲状腺癌の過剰診断が世界的に大きな医療問題となっている．超音波を用いた甲状腺がん検診は過剰診断を助長し，国際的な勧告は原発事故後であっても実施すべきではないと示している．福島の甲状腺がん検診は，原発事故後の健康政策として 2011 年に開始された．本研究の目的は，検診対象者が検診のデメリットを理解しているかどうか，また，参加決定に影響を与えた要因を明らかにすることである．方法として，福島県の若年者（検診対象者）と検診対象外の近隣県（検診非対象者）を対象に，匿名の郵送によるアンケートを実施した．福島県における甲状腺がん検診の意義，検診を受ける・受けない理由，検診の有害性の認識，学校での甲状腺検査に対する意見について尋ねた．アンケート結果を対象者と非対象者，受診者（検診を受けた人）と非受診者（検診を断った人）の間で比較した．その結果として，甲状腺がん検診に伴う弊害を認識していたのは 16.5%に過ぎず，ほとんどの回答者が弊害よりも有益性が大きいと認識していた．検診の対象者と非対象者の回答を比較したところ，両群間に有意差はなかった．検診に参加した理由で最も多かったのは，学校で検診が行われ，義務的なものと認識されていたことであった．これらの結果から，学校検診は，検診のデメリットについての知識がないまま，若年者に強制検診であると思わせることにつながるという，倫理的に重大な問題が浮き彫りになった．原発事故後の検診は，学校単位のスクリーニングのようなオプトアウト方式ではなく，オプトイン方式で実施されるべきである．

2. 論文における背景と目的

チェルノブイリ事故後の経験より，福島の住民は子供や青年の甲状腺がんのリスク上昇を懸念していたため，福島県では，福島県「県民健康調査」の一環として，事故当時 18 歳以下だった全福島県民（約 38 万人）を対象に甲状腺超音波検査が開始された．開始されたタイミングでは，福島の放射線被ばくに伴うリスク，若年性甲状腺がんの特徴，甲状腺がん検診のメリット・デメリットなど，検査の意義について住民へ伝えることが無かった．

2018 年，国際がん研究機関（IARC）は，原発事故後であっても甲状腺がん検診は推奨されないとした．検診が推奨されない大きな理由は，甲状腺がん検診による過剰診断のリスクが利益を上回ると評価されたからである．過剰診断のリスクを考える場合，過剰治療の可能性があるからとなる．過剰診断や過剰治療のリスクには，少なくとも 4 つのカテゴリーがある．第一は，身体的なリスクである．過剰診断は不必要なものであり，そのため精密検査も手術や薬物療法などの治療も肉体的な負担となる．第二は，心理的なリスクである．心理的負担には，診断や治療に対する不安，病気の予後や再発に対する心配などがある．第三は物質的なリスクで，精密検査や治療にかかる費用，検査や治療に費やす時間などがあげられる．第四は，社会的被害である．がんと診断された人は，たとえ過剰診断であっても，進学，就職，恋愛，結婚など様々なケースで差別を受ける可能性がある．

このような背景より，住民が甲状腺がん検診を受けるかどうかを決定する際に，放射線被ばくの健康リスクや甲状腺がん検診のリスクをどのように認識しているかを理解することが重要である．本研究の目的は，個人がなぜ有害となりうる検査への参加を継続的に決定するのかを明らかにし，福島県における甲状腺がん検診の受診判断に影響を与える要因を表面化させることである．

3. 論文における方法

甲状腺超音波検査に関する意思とそれに伴う倫理的問題を明らかにするために，匿名アンケートを実施した．調査項目は主に 3 つである．

1) 被検者が甲状腺超音波検査を受け入れた理由．
2) 甲状腺超音波検査の意義，有益性，有害性に関する認識．
3）学校の授業中に検査が行われることの影響．

アンケートの回答者は，福島県と隣接する宮城県の 2020 年 1 月 1 日時点で 16～20 歳，26～30 歳で無作為に抽出された若者 2000 人であった．21～25 歳は，過去 2 年間に学校で検診を受けていないことと，21 歳以上の参加率が非常に低い（10～20%程度）ことから除外した．アンケートは 2020 年 1 月 7 日に郵送で配布し，2020 年 2 月 15 日以前の消印で返送されたアンケートを有効とみなした．アンケート調査の実施については，福島県立医科大学倫理委員会の承認を得た（承認番号：2019-180）．回答した若年者 601 人（30.1%）のうち，性別・年齢が住民登録と一致した 594 人（29.7%）の回答を有効と判断した．福島県と宮城県で回答率に差はなかった（29.9% vs 29.3%）．

アンケートの内容の質問項目は，下記の 5 つのカテゴリーに分類した．1）基本的特徴，2）甲状腺超音波検査への参加の意思，3）甲状腺がん検診の利益とリスクの認識，4）放射線による健康リスクの認識，5）学校の授業中に検査を実施することの影響であった．解析方法として，①検診の対象者と非対象者，②検診の受診者と非受診者の間で，基本特性，検査のリスクに関する知識，リスク認知をカイ二

乗検定やマン・ホイットニーの U 検定，フィッシャーの正確検定で比較した．

4. 論文における結果

表 1 は，検診の受診者と非受診者，および検診の対象者と非対象者の知識や認知の比較結果の概要である．検診の受診者と非受診者，および検診の対象者と非対象者の男女比に差はなかった．しかし，検診の非対象者の平均年齢は検診の対象者より高く（p<0.01），検診の非受診者の平均年齢も受診者より高かった（p<0.01）．

表 1　検診の受診者と非受診者，および検診の対象者と非対象者の知識や認知の比較結果© Midorikawa S, Ohtsuru A. BMC Cancer 22: 235; 2022. クリエイティブ・コモンズ・ライセンス（表示 4.0 国際）

	Subjects			Non-subjects
	All[a]	Examinees	Non-examinees	
n	297	170	102	289
Age, mean, SD	19.2, 3.3**	18.0, 2.1*	21.9, 4.0*	25.6, 5.0**
Sex, male/female	142/155	79/91	50/52	132/157
Knowledge of the meaning of TUE (%), Yes, No	59.5, 40.5	65.5, 34.5	54.9, 45.1	-
Knowledge of existence of benefits and harms in TUE, n (%)	49 (16.5)	25 (14.9)	23 (23.0)	40 (13.8)
Knowledge of the IARC recommendation, n (%)	34 (11.4)	19 (11.2)	13 (12.7)	36 (12.5)
Estimation of benefits and harms in TUE				
Benefits are greater than harms, n (%)	132 (44.4)	79 (46.5)	42 (41.2)	123 (42.6)
Benefits are almost equal to harms, n (%)	83 (27.9)	50 (29.4)	27 (26.5)	64 (22.1)
Harms are greater than benefits, n (%)	13 (4.4)	7 (4.1)	5 (4.9)	14 (4.8)
Unknown, n (%)	66 (22.2)	33 (19.4)	26 (25.5)	86 (29.8)
Higher risk perception of delayed effect, n (%)	93 (31.3)**	56 (32.9)	35 (34.3)	138 (48.3)**
Higher risk perception of genetic effect, n (%)	63 (21.2)**	38 (22.4)	23 (22.5)	106 (36.8)**

[a] All subjects includes examinees, non-examinees, and unknown

SD Standard deviation, *TUE* Thyroid ultrasound examination, *IARC* International Agency for Research on Cancer

* $P<0.01$ between examinees and non-examinees. ** $P<0.01$ between subjects and non-subjects

全体として，甲状腺超音波検査の対象者である回答者の 40.5%が検査の目的を知らないことがわかった．検診の対象者と非対象者の間に大きな差はなかった．さらに，検査の目的を知っていると答えた人の約半数が，「甲状腺の放射線量を測定する検査である」など，誤った説明をした．検診の受診者の意思については，54.2%の人が「親が決めた」と回答し，15.3%の人が「自分で決めた」と回答した．一方，検診の非受診者の 57.0%が「自分で決めた」，9.0%が「親が決めた」と回答しています．検査を受けた理由として，1）学校の検査だから（29.6%），2）放射線の影響が心配だから（13.5%），3）検査を受けて安心したいから（11.1%）であった．検査を受けなかった理由として，1）時間がかかる（11.1%），2）放射線被ばくの心配がない（11.1%）であった．しかし，「検査のリスク」を理由に検査を受けないと答えた人はいなかった．

また，表 1 より，甲状腺超音波検査のリスクについて知っている人は，検診の受診者と非受診者ともに 16.5%に過ぎないことがわかった．有害性について知っている人の割合は，検診の受診者でやや少ないが，群間の差は有意ではなかった．甲状腺検査の有益性と有害性に関する知識に関する結果は，検診の対象者と非対象者でも同様であった．放射線被ばくによる遅発性影響と遺伝的影響に関する質問に対する回答には，受診者と非受診者の間に有意な差はなかった．しかし，遅発性影響と遺伝的影響の両方に対するリスク認知は，検診の非受診者の方が検診の受診者よりも有意に高かった．

図 1 は，学校検診の影響をカバーする項目の分析結果である．その結果，i) 約 80%の回答者が学校検診であることを良いと感じていた，ii) 約 78%の回答者が学校検診をある程度義務化していると考えていた，iii) 全体の 70%の回答者が検診を受けたくないという希望を尊重されていないと答えていた，iv) 最後に約半数の回答者が検診を受けていない人に何か問題があると感じていると答えていた．これらの意見には，検診の受診者と非受診者，および検診の対象者と非対象者の間に差はなかった．

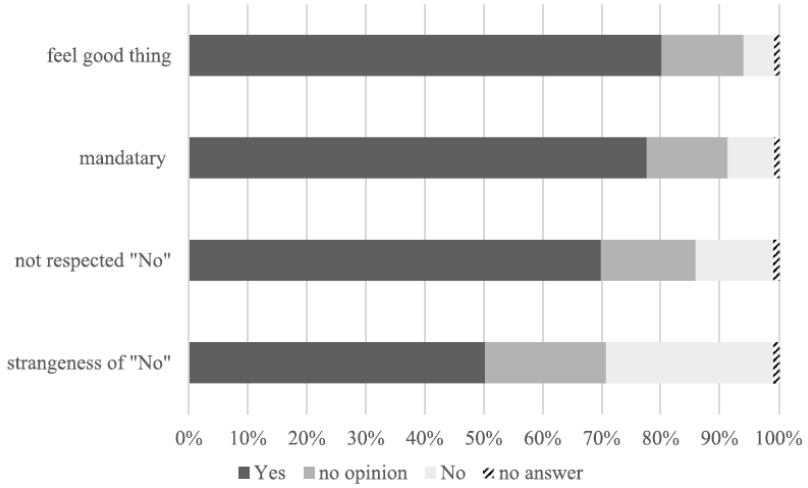


図 1　学校で実施されるの甲状腺超音波検査の影響について© Midorikawa S, Ohtsuru A. BMC Cancer 22: 235; 2022. クリエイティブ・コモンズ・ライセンス（表示 4.0 国際）

5. 論文の考察

本研究では，被験者である若年者に直接，検査を受けた理由で最も多かったのは「学校で実施されたから」であった．このことは，放射線被ばくによる甲状腺がんの健康リスクに対する不安を解消するために検査を受けた人が多いという指摘を支持するものではない．このことは，放射線の健康影響（特に遅発性影響などのがん発症リスク）に対するリスク認知に，検診の受診者と非受診者の間に有意差がなかったという結果から示される．さらに，保護者の認識が受診の判断に影響したり，学校での受診が影響したりする可能性もあった．若年者が検診を受けるべきかどうかの適切な意思を支援するためには，検診の意義，利益，リスクを本人が理解することが重要である．また，自由記述回答では，この知識を持っている人の 47.8%が検査の意味を誤解していた．このことから，甲状腺超音波検査の対象者は，被検者であっても検査の目的を正しく理解していないことが示された．

本研究では，学校での検査が「検査は良いもの」，「検査は必須」という認識をもたらし，「検査を受けたくない」という希望が尊重されないことが示された．この認識は，甲状腺超音波検査の対象者に限ったものではなく，非対象者にも及んでおり，日本の若者に共通する傾向であることが示唆された．また，学校での授業中に検査を行うという方法が，受診の意思に影響を与える可能性があることが明らかになった．このことは，学校卒業後に甲状腺超音波検査の受診率が急激に低下することからも支持された．これらの結果は，オプトアウト方式が採用されたことにより，学校での検査が「デフォルト」となったことを示唆している．福島県における甲状腺検査は，6 歳から 18 歳を対象とした学校検診であるため，検診の有害性に関する説明書と同意書の提出があっても，参加することがデフォルトとなってい

ることが示された．この倫理的課題を解決するためには，学校での検診を中止し，対象者が過剰診断のリスクを理解できるようにすることが有効であろう．そうすれば，検診のオプトイン方式に基づく公共施設での受診の場合も含めて，検診を受けるかどうかを自律的に考えることができるようになると思われる．倫理的な観点からは，弊害のあるプログラムであれば，オプトアウト方式を採用することには注意が必要である．逆の変更には倫理的問題があるかもしれないが，甲状腺がん検診は，過剰診断などの大きなリスクに関連する倫理的課題を解決するために，オプトアウト方式からオプトイン方式に変更する必要がある．

本研究では，3 つの限界点が示された．

1. 検診の受診者と非受診者，および検診の対象者と非対象者は自己申告制であり，ミスカテゴライズされている可能性がある．
2. この研究の回答率は比較的低く（30%），そのため対象集団の代表性は不確かであった．
3. 非対象者の年齢が対象者よりも高く，放射線被ばくによる健康影響のリスクに対する認識が年齢に影響された可能性がある．

結論として，原発事故後，住民は当然，放射線被ばくによる健康への影響を懸念し，放射線誘発ガンの高いリスクを認識する傾向がある．しかし，今回の結果では，これらの要因に関連性は認められなかった．健康調査としての検診は，こうした不安を解消するための政策として行われる傾向があり，オプトアウト形式の検診は，検診の利益がリスクを上回ると誤解される可能性がある．特に学校を拠点とした検診では，その傾向が強い．これは甲状腺がん検診に限ったことではなく，災害後の住民にとって，どんな病気でも検診することが有益とは限らない．被災した住民の不安に適切に対応するためには，①検診の目的，②検診の利益とリスクのバランス，③対象疾患の特徴，④自発的な参加，などの重要な点の周知が必要である．また，災害後の行動規範の原則に基づき，災害後の調査や研究はオプトイン方式で実施することが望ましい．

6. 論文への感想

今回紹介した論文は，福島県「県民健康調査」の甲状腺超音波検査実施方法に関して，倫理的な課題に焦点を当てた報告になる．福島県「県民健康調査」は 2011 年の福島第一原発事故の発生から 6 ヶ月後に開始され，震災後の子どもの健康状態を把握することを目的であった．やはり，1986 年のチェルノブイリ事故後の子供たちの甲状腺ガンの発生が福島でも起こるのではないかとの危機感から，福島でも甲状腺超音波検査が開始された．福島での甲状腺超音波検査について，この論文では，甲状腺がん検診のメリットやデメリットなどの説明が不十分さ，学校での検診実施とオプトアウト形式が倫理的な課題として示された．国際的にこのような課題は，SHMAISEN プロジェクト（https://radiation.isglobal.org/shamisen/）から 2017 年に報告された提案書や 2018 年の国際がん研究機関（IARC）からの報告書でも同様の指摘があった．災害直後から落ち着いてみれば，このような課題が浮き彫りになり，甲状腺超音波検査の行方を今後検討する時期に来ているのかもしれない．また，原子力災害時の準備として，事前に甲状腺超音波検査の実施ルールを決めておくことも，この論文より学ぶべきことと感じた．

放射線防護部会誌／分科会誌インデックス

第 1 号(1995.10.20 発行)

放射線防護分科会　発足式並びに研究会
あいさつ　放射線防護分科会の発会を祝して／川上壽昭
放射線防護技術の発展に会員のご協力を／砂屋敷忠
記念講演要旨　医療における放射線の利用と防護
－放射線防護分科会への期待－／佐々木康人
討論要旨　テーマ「医療放射線防護を考える」
(1) なぜいま医療放射線防護なのか／森川薫
(2) X 線撮影技術の分野から／粟井一夫
(3) 核医学検査技術の立場から／福喜多博義
(4) 放射線治療技術の立場から／遠藤裕二

第 2 号(1996.4.1 発行)

第 52 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「ヒトから考える医療放射線防護／赤羽恵一
特別講演要旨「ICRP1990 年勧告　その後・古賀佑彦
パネルディスカッション要旨
テーマ「放射線利用における公衆の防護」
(1) 公衆の放射線防護　序論／菊地 透
(2) 病室における X 線撮影時の室内散乱線量分布／小倉 泉
(3) 放射線医薬品投与後の周囲への安全性と現状／中重富夫
(4) 放射線施設の遮蔽条件／砂屋敷忠
(5) 診療の立場から／飯田恭人
(6) 現在の施設の防護状況報告／木村純一
文献紹介　放射線防護に関連した著書の紹介／西谷源展
最近の海外文献紹介／菊地 透

第 3 号(1996.9.26 発行)

第 24 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「放射線防護と画像評価」／粟井一夫
パネルディスカッション要旨
テーマ「ボランティアの被曝と防護を考える」
(1) ボランティアの放射線被曝とは／菊地透
(2) 新技術・装置開発での問題点／辻岡勝美
(3) 学生教育の立場から／三浦正
(4) 診療現場での事例／平瀬清
教育講演要旨　宮沢賢治百年と放射能 100 年「医療放射線の被曝と防護をめぐって」序文／粟冠正利
資料　厚生省「医療放射線管理の充実に関する検討会」報告書

第 4 号(1997.4.5 発行)

第 53 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「21 世紀に向けた節目の時代」／菊地透
第 4 回放射線防護分科会　パネルディスカッション要旨
テーマ「診療用 X 線検査における患者の被曝線量を知る方法」
(1) 被曝線量の実用測定－個人線量計を利用する場合／福本善巳
(2) 診療現場の問題－簡易換算法による被曝線量の推定／山口和也
(3) 診療現場の問題－自作線量計による患者被曝線量の測定／重谷昇
(4) 診療現場の問題－線量測定の位置と単位について／鈴木昇一
会員の声　放射線防護に対する認識－ある放送から感じたこと／平瀬清
資料　X 線診断による臓器・組織線量、実効線量および集団実効線量　RADIO ISOTOPE 誌転載

第 5 号(1997.10.30 発行)

第 25 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「IAEA ガイダンスレベルと線量評価法の混乱」／鈴木昇一
第 5 回放射線防護分科会パネルディスカッション要旨
テーマ「医療放射線被曝とは何か」
(1) 被曝のとらえ方－医療被曝を中心に／菊地 透
(2) 内部被曝－線量評価／赤羽恵一
(3) 外部被曝－計る／前越久
(4) 被曝の混乱－アンケートにみる原因と対策／森川薫
(5) 討論　司会／砂屋敷忠
会員の質問
(1) 個人被曝線量計の精度
(2) 施設線量の測定法
資料　放射線防護分科会アンケート集計報告

第 6 号(1998.4.9 発行)

第 54 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
第 6 回研究会プログラム
教育講演要旨
「医用放射線と保健福祉」／森光敬子
「ICRP の国内法令取り入れをめぐって／菊地 透
会員の声　医療放射線の「リスク論議考」／輪嶋隆博
質問欄　カテーテルアブレーションの被曝低減法／委員会
論文紹介
国際放射線防護委員会 ICRP1997 年オックスフォード会議／松平寛通（放射線科学から転載）

第 7 号(1998.10.29 発行)

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

第 8 号(1999.4.5 発行)

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

第 9 号(1999.10.28 発行)

第 27 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「これからの放射線防護に求められるもの－21 世紀の活動」／粟井一夫
第 9 回放射線防護分科会
パネルディスカッション要旨
テーマ「放射線管理における西暦 2000 年問題について」
病院における西暦 2000 年問題／谷重善
医療用具製造業者等のコンピュータ西暦 2000 年問題への対応状況について／田村敦志
病院における西暦 2000 年問題への対応について／水谷宏
西暦 2000 年問題への対応と現状／泉孝吉
放射線治療装置における西暦 2000 年問題／大野英
第 55 回総会学術大会防護関連座長印象記
放射線管理－IVR・乳房撮影／粟井一夫
放射線管理－スペクトル・フィルタ／大釜昇
放射線管理－RI 管理／菊地透
X 線検査－DR 被曝／千田浩一
放射線管理－測定器／新開英秀
放射線管理－CT 被曝・測定器／鈴木昇一
ニュース
低線量放射線影響に関する公開シンポジウム／加藤英幸
放射線防護に関する関係省庁への要請書および要望書の提出について／菊地透
質問欄　放射線管理の Q&A／菊地透

第 10 号(2000.4.6 発行)

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

第 11 号(2000.10.20 発行)

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

国際放射線防護学会　第 10 回国際会議(IRPA-10)参加印象記／富樫厚彦
資料　密封小線源の紛失事例分析と防止対策／穴井重男
書評　「緊急被ばく医療の基礎知識」／西谷源展

第 12 号(2001.4.6 発行)
第 57 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「これからの放射線防護分科会」／粟井一夫
第 12 回放射線防護分科会要旨
テーマ「法令改正で貴方の施設は大丈夫ですか？」－これからでも間に合う現場対応－
基調講演要旨　医療施設の放射線防護関係法令改正の要点／菊地透
話題提供要旨　管理区域境界等における測定と評価方法について／山口和也
放射線診療従事者の被曝管理について／加藤英幸
診療用 X 線装置等の防護基準の測定について／水谷宏
第 28 回秋季学術大会防護関連座長印象記
放射線管理－被曝線量評価・QC／越田吉郎
放射線管理－乳房撮影／小山修司
放射線管理－法令改正・環境測定／鈴木昇一
資料　平成 12 年度公開シンポジウム　一般公衆からの質問と回答- 1
医療法施行規則の一部を改正する省令新旧対比表
書評　「被ばく線量の測定・評価マニュアル 2000」と「放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル 2000」／山野豊次

第 13 号(2001.11.10 発行)
第 29 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
教育講演要旨「緊急被曝医療の展望」／青木芳朗
フレッシャーズセミナー要旨　「低線量の健康影響」／米井脩治
第 13 回放射線防護分科会要旨
テーマ「どうしてますか、あなたの施設の放射線管理－法令改正半年を経て－」
(1) 放射線従事者の管理／水谷宏
(2) 治療施設の管理／穴井重男
(3) 核医学施設の管理／山村浩太郎
(4) 医療現場の対応状況／加藤英幸
第 57 回総会学術大会防護関連座長印象記
放射線管理－教育・危機管理／石田有治
放射線管理－装置管理／吉村浩太郎
放射線管理－IVR 被曝／梅津芳幸
放射線管理－一般撮影、乳房／山口和也
放射線管理－測定器／熊谷道朝
放射線管理－測定評価／小山修司
放射線管理－CT 被曝／五十嵐隆元
放射線管理－被曝管理／千田浩一
学術大会印象記　「放射線安全管理の基礎・放射線管理フォーラム」／福田篤志
資料　IVR に伴う放射線皮膚傷害報告症例から放射線防護を考える／富樫厚彦
文献紹介　「塩化タリウムの放射線皮膚炎」／防護分科会

第 14 号(2002.4.4 発行)
第 58 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「医療現場の放射線安全管理は大丈夫か」／穴井重男
教育講演要旨　「IVR における皮膚傷害発生の現状と今後の展開」／西谷 弘
第 14 回放射線防護分科会要旨
テーマ「血管撮影領域における放射線皮膚傷害の現状と対策」
(1) 皮膚傷害事例とその治療にあたって／大和谷淑子
(2) 循環器科医の立場から／角辻 暁
(3) 被曝の現状と対策／水谷 宏
(4) 放射線防護の対応について／菊地 透
第 29 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 15 号(2002.10.17 発行)
第 30 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「100mGy の意味するもの」／新井敏子
教育講演要旨　「女性の放射線被曝について」／大野和子
第 15 回放射線防護分科会要旨
テーマ「ICRP Publ.84－妊娠と医療放射線－を考える」
(1) ICRP Publ.84 の意図するもの／富樫厚彦
(2) 女性と放射線被曝：医療被曝／安友基勝
(3) 女性と放射線被曝：職業被曝／新井敏子
(4) 女性と放射線被曝：公衆被曝／穴井重男
第 13 回放射線防護分科会(第 29 回周期学術大会)抄録集
「どうしてますか、あなたの施設の放射線管理－法令改正半年を経て－」
放射線従事者の管理／水谷宏
治療施設の管理／穴井重男
医療現場の対応状況／加藤英幸
座長集約／鈴木昇一
第 59 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 16 号(2003.4.11 発行)
第 59 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「放射線防護分科会の役割」／前越久
第 16 回放射線防護分科会要旨
テーマ「医療従事者への放射線防護教育」
(1) 放射線診療従事者への教育訓練／穴井重男
(2) 医療従事者への教育／富樫厚彦
(3) 技師養成期間における防護教育／鈴木昇一
(4) 患者さんへの対応／新井敏子
岩手高校生被曝事故に関する考察／加藤英幸／鈴木昇

一／富樫厚彦／西谷源展
ニュース　医療放射線防護連絡協議会第 16 回フォーラム印象記／磯辺智子
第 30 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 17 号(2003.10.10 発行)
第 31 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「よろしくお願いします」／塚本篤子
教育講演要旨　「医療被曝とその影響」／阿部由直
第 17 回放射線防護分科会要旨
「ディベート：胸部撮影における患者さんの防護衣は必要か」
(1)「必要の立場から」／相模 司
(2)「必要の立場から」／加藤英幸
(3)「不要の立場から」／松下淳一
(4)「不要の立場から」／輪嶋隆博
ニュース　IVR に伴う放射線皮膚傷害の防止に関するガイドラインおよびIVR の患者の受ける線量測定マニュアル作成状況報告／放射線防護分科会
フォーラム印象記　第 17 回「医療放射線の完全使用研究会」フォーラム印象記／塚本篤子
第 59 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 18 号(2004.4.9 発行)
第 60 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「医療放射線防護とリスクコミュニケーション」／松下淳一
第 18 回放射線防護分科会要旨
テーマ「IVR における患者皮膚障害防止」
(1)「IVR に伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドラインの趣旨」／菊地透
(2)「IVR における患者皮膚線量の測定マニュアルの概要」／水谷宏
(3)「心臓領域における IVR の現状」／石綿清雄
ニュース 国政免除レベル等の取り入れに伴う放射線同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（障害防止法）改正について－経緯と現況－／加藤英幸
トピックス　“医療”解剖学～インターネット情報から今の医療を考える～／三上麻里
印象記　“医療における放射線安全･防護についてのパネル討論会”／塚本篤子
放射線免疫学調査講演会「低線量放射線の健康影響」に参加して／加藤英幸
平成 15 年度市民公開シンポジウム（富山市）／伊藤祐典
平成 15 年度医療放射線安全管理講習会に参加して／小林正尚
文献紹介　X 線診断被ばくによる発がんのリスク：英国及び 14 カ国の推計／藤淵俊王
訃報　斉藤岩男氏を偲ぶ
第 31 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 19 号（2004.10.21 発行）
第 32 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「今どきの ICRP 報告書」／粟井一夫
第 19 回放射線防護分科会要旨
テーマ「医療における放射線防護関連法令の改正とその運用について」
(1)「加速器使用施設における対応」／松下淳一
(2)「密封線源使用における対応」／石井俊一
(3)「放射線廃棄物への対応」／青木功二
(4)「放射線完全管理規制の課題」／山口一郎
ニュース　分娩前の歯科 X 線撮影と出生時低体重児を読んで／宮田あきこ
資料　CT 検査における線量測定／鈴木昇一
第 60 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 20 号（2005.4.8 発行）
第 61 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「公衆と放射線」／三田創吾
第 20 回放射線防護分科会要旨
テーマ「X 線診断領域の被曝でがんは増えるのか」
(1)「放射線影響の立場から」／坂井一夫
(2)「放射線管理の立場から」／菊地透
(3)「放射線被曝に対する市民の不安／中島久美子
資料　ICRP Publication 86「放射線治療患者に対する事故被曝の予防」の要約／松下淳一
第 32 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題後抄録

第 21 号（2005.10.20 発行）
第 33 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「分科会長に就任して」／加藤英幸
第 21 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療における Gy と Sv の考え方」／加藤和明
テーマ「医療現場での線量評価を考える」
(1) 「胸部撮影における線量評価の現状」／船橋正夫
(2) 「乳房撮影における線量評価の現状」／安友基勝
(3) 「CTにおける線量評価の現状」／村松禎久
(4) 「線量評価ガイドラインの提示」／菊池 透
トピックス放射線関係法令改正対応記／富樫厚彦
第 61 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 22 号（2006.4.7 発行）
第 62 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「放射線防護 雑感」／五十嵐隆元
第 22 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療放射線防護と最近の ICRP の動向」／米倉義晴
テーマ「PET 検査における放射線被ばくを考える」
(1)「PET 検査室における被ばく」／五十嵐隆元
(2)「被検者の被ばく線量評価」／赤羽恵一

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

第 23 号（2006.10.19 発行）
第 34 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「アララ！小惑星と電離性放射線」／富樫厚彦
第 23 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療をとりまく放射線災害の現状と課題」／高田　純
テーマ「もしも放射線災害が起きたら･･･」
(1) 「緊急被ばく医療の実際」　／神　裕
(2) 「緊急被ばく医療の病院における放射線管理の実際」／武田浩光
(3) 「医療用放射線源のセキュリティ対策の課題」／菊地透
合同分科会シンポジウム「マンモグラフィの精度管理について」
学術交流委員会報告プレリリース
第 62 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 24 号（2007.4.13 発行）
第 63 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「防護計測の愚痴、自戒」／鈴木昇一
第 24 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨　「放射線安全とヒューマンファクター」／石橋　明
テーマ「放射線安全教育の現状と課題」
(1) 「学生教育では」／福士政弘
(2) 「医療従事者に対して」／中里　久
(3) 「一般公衆に対して」／西田由博
技術活用セミナー1　「医療被ばくの説明とリスク仮説—LNT仮説を中心に—」／輪嶋隆博
モーニングセミナー「患者さんの不安に答えた経験から言えること」／大野和子
「医療被曝相談—この事例にあなたはどう答えますかー」／五十嵐隆元
第 23 回防護分科会後抄録
テーマ「もしも放射線災害が起きたら･･･」
(1)「緊急被ばく医療の実際」／神　裕
(2)「緊急被ばく医療の病院における放射線管理の実際」／武田浩光
(3)「医療用放射線源のセキュリティ対策の課題」／菊地 透
トピックス「ICRP-2007 新勧告案についての私見」／富樫厚彦
印象記　第 3 回お茶の水アカデミアシンポジウム「医療被ばくを考える」に参加して／三反崎宏美
第 34 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 25 号（2007.10.26 発行）
第 35 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「手と放射線」／水谷　宏
第 25 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨　「医療従事者における外部被曝の現状と課題」－個人被曝線量測定サービス機関のデータから／石山　智
テーマ「手指の被曝を考える」
(1) 「放射線診療従事者の手指被曝の実態調査（アンケート報告）」／塚本篤子
(2) 「Vascular（血管系）IVRでは」／坂本　肇
(3) 「Vascular（血管系）IVRでは」／藤淵俊王
(4) 「CT撮影では」／小林正尚
合同分科会（画像・放射線撮影・計測・放射線防護・医療情報）シンポジウム
「X 線 CT 撮影における標準化－”GuLACTIC 2007” 胸部疾患（びまん性疾患および肺がん）のガイドライン作成にあたってー 」
(1) GuLACTIC 2007 肺がんのガイドラインについて／萩原 芳広
(2) CT 画像の画質特性と臨床適応／市川勝弘
(3) 造影理論と臨床応用／山口　功
(4) CT の線量特性と被曝線量／小山修司
(5) CT 検査の放射線防護の考え方とその評価方法／加藤英幸
(6)データ保存と画像配信／山本勇一郎
第 24 回防護分科会後抄録 パネルディスカッション
テーマ「放射線安全教育の安全と課題」
「一般公衆に対して」／西田由博
印象記　第 24 回放射線防護分科会「放射線安全教育の安全と課題」を拝聴して／松崎正弘
第 63 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 26 号（2008.4.4 発行）
第 64 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言「本年は放射線防護における変革の年となるのか」／広藤 喜章
第 26 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療放射線における放射線防護の最新動向 -ICRP 新勧告と IAEA 国際基本安全基準について／米原 英典
テーマ「放射線防護の観点からのデジタル画像」
(1)ICRP Publ.93（デジタルラジオロジーにおける患者線量の管理）の概要と課題／富樫 厚彦
(2)医療現場におけるデジタル画像の現状－学術調査研究班調査研究の中間報告から－／鈴木 昇一
(3)デジタル撮影における放射線防護／小林　剛
(4)デジタル撮影における画像評価／西原 貞光
モーニングセミナー「医療放射線防護の常識・非常識－私たちが伝えたかったこと」／大野和子・粟井一夫

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

第 27 号（2008.10.23 発行）
第 36 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言 「科学技術の発達と融合」／藤淵 俊王
第 27 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「医療被曝の国際動向と課題」／菊地 透
テーマ「患者以外の医療被曝を考える」
(1)患者以外の医療被曝の住み分け／富樫厚彦
(2)ボランティア被曝の現状／小寺吉衛
(3)介護被曝の現状／祖父江由紀子
部会・分科会合同シンポジウム
テーマ：「X線診断領域におけるデジタル化と被曝防護を考える」
(1)X 線診断領域での被曝と防護の考え方／加藤英幸
(2)我が国での診断領域の患者被曝の現状—X線診断時に患者が受ける線量の調査研究より—
１．調査概要／近藤裕二
２．一般撮影での傾向／能登公也
３．マンモ、CTでの傾向／小林謙一
(3)個人線量計を用いたX線装置の出力測定調査について／塚本篤子
分科会合同シンポジウム
テーマ「救急検査のクオリティーを考えるー救急専門技師に求められるものー」
(1)救急撮影の基礎（一般撮影）／渡辺啓司
(2)救急診療におけるCT撮影の在り方／山本浩司
(3)救急診療におけるMR撮影の在り方／松村善雄
(4)救急診療における放射線防護の在り方／五十嵐隆元
(5)救急診療における医療情報の活用／原瀬正敏
第 26 回防護分科会後抄録
学術調査研究班調査研究の中間報告から／鈴木昇一
デジタル撮影における放射線防護／小林 剛
デジタル撮影における画像評価／西原貞光
第 64 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 28 号（2009.4.17 発行）
第 65 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言 「放射線安全管理と不景気」／鈴木　昇一
第 28 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨「胎児, 小児期被ばくによる発がん影響」／島田　義也
テーマ「小児の医療被曝を考える」
(1) 小児放射線検査の現状／宮崎　治
(2) 小児放射線検査の現状調査報告／田邊　智晴
(3) 小児医療被曝の捉え方／五十嵐隆元
フレシャーズセミナー
「放射線防護のいろは」−患者の線量管理−／小林　剛
「放射線防護のいろは」−従事者の線量管理−／藤淵　俊王
技術活用セミナー
「医療用線源のセキュリティ管理」／富樫　厚彦
「ICRP Publ.102 の概要と課題」／鈴木　昇一
第 36 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録

第 29 号（2009. 10.22 発行）
第 37 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言 「実効線量に関する問題点」／松原 孝祐
第 29 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「日本人ボクセルファントムの開発と線量評価について」／斎藤 公明
ST 講座要旨
「被ばくによる発がん影響について」／島田　義也
テーマ「我が国の診断参考レベル（DRL）を考える」
(1) DRLとは？／五十嵐隆元
(2) 各モダリティのDRLについて／鈴木 昇一
(3) 放射線診療における線量低減目標値／笹川 泰弘
(4) 国際動向について／大場 久照
第 65 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
市民公開シンポジウムのお知らせ

第 30 号（2010. 4.8 発行）
第 66 回総会学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言 「クリアランス制度の法整備と本学会の貢献」／渡辺　浩
第 30 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「放射線防護における最近の国際動向」／細野　眞
ST 講座要旨
「実効線量を理解しよう」／五十嵐 隆元
入門講座要旨
「医療従事者の被ばく管理と低減対策」／藤淵 俊王
技術活用セミナー
「放射線防護の国際的な動向」／米原 英典
テーマ「オールジャパンで考える小児医療」
(1) オールジャパンとしてどう取り組むか？／赤羽恵一
(2) 小児被曝把握の必要性／宮崎　治
(3) 小児医療被曝の現状と評価／松原 孝祐
(4) 小児CT撮影のプロトコルを考える／大橋 一也
第 37 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 31 号（2010. 10.14 発行）

第 38 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言 「猛暑日…熱帯夜…太陽からのエネルギー」／広藤 喜章
第 31 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「研究の倫理を考える」／栗原 千絵子
テーマ「放射線研究の倫理を考える」
(1) ICRPにおける倫理の考え方／赤羽 恵一
(2) 各施設での倫理委員会の現状　―調査報告―／広藤 喜章
(3) 技術学会編集委員会の現状と事例／士`井 司
(4) 放射線技術学分野における研究倫理とその実情／磯辺 智範
WORLD MEDICAL ASSOCIATION［訳］（
専門講座要旨
「放射線施設の管理と設計」／渡辺 浩
入門講座要旨
「よくわかる関係法令」／笹沼 和智
技術活用セミナー
「放射線防護の国際的な動向」／米原 英典
第 66 回総会学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 32 号（2011. 4.8 発行）

第 67 回総会学術大会 放射線防護分科会特集
巻頭言「オールジャパンでの放射線防護分科会の役割」／鈴木昇一
入門講座要旨
「医療法施行規則を理解しよう！」／大場久照
技術活用セミナー
「CT 検査で患者が受ける線量」／鈴木昇一
第 32 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「医療被ばく管理の国際的な動向」／赤羽 恵一
テーマ「救急患者の撮影における防護と問題」
(1)救急専門医が必要とする画像／船曳知弘
(2)救急撮影認定技師とは／坂下惠治
(3)救急撮影における放射線防護／五十嵐隆元
(4)救急撮影で患者，術者等の受ける線量／松原孝祐
専門講座要旨
「疫学データから学ぶ放射線誘発がん」／吉永 信治
専門講座要旨
「ICRP について学ぼう」／山口和也
38 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 33 号（2011.10.28 発行）

第 39 回秋季学術大会　放射線防護分科会特集
巻頭言 「就任の挨拶」／五十嵐 隆元
入門講座要旨 「放射線装備機器および放射線発生装置の安全取扱い」／磯辺 智範
専門講座要旨 「放射線災害時の防護」／武田 浩光
第 33 回放射線防護分科会要旨
教育講演要旨
「福島原発事故における内部被ばくを考える」／下道國
テーマ「放射線防護に関連した数値を考える」
(1)規制値の経緯とその考え方／広藤 喜章
(2)リスクについて／島田 義也
(3)医療における放射線防護の考え方／松原 孝祐
入門講座要旨 「X 線管理学（X 線の管理・防護・測定）」／坂本 肇
専門分科会合同シンポジウム要旨
「ディジタル画像を再考する ー検像についてー」
(1)単純 X 線撮影領域における検像について／川本清澄
(2)画像情報の確定に関するガイドラインからみた検像／坂本 博
(3)検像における画像品質の確保について／陳 徳峰
(4)核医学領域における検像システムの役割／對間博之
(5)検像における線量指標の活用／有賀 英司
防護分科会関連行事参加報告
防護分科会誌インデックス

第 34 号（2012.4.12 発行）

巻頭言「放射線防護対策チームの結成」／磯辺 智範
専門講座要旨「疫学データから学ぶ放射線誘発がん」／吉永 信治
技術活用セミナー 要旨「被曝説明の核心に迫る」／松原 孝祐
入門講座要旨「医療法施行規則を理解しよう」／浅沼 治
第 34 回放射線防護分科会要旨
教育講演
「原発事故と医療放射線　～放射線のリスクコミュニケーションの課題～」／神田 玲子
テーマ :「福島原発事故後の医療におけるリスクコミュニケーション」
(1)福島での市民とのやりとりを通じて／加藤 貴弘
(2)医療現場におけるリスクコミュニケーション／竹井 泰孝
(3)マスメディアから見たリスクコミュニケーション／田村 良彦
専門講座要旨
「ICRP を学ぼう」／山口 和也
第 39 回秋季学術大会放射線防護管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 35 号（2012.10.4 発行）

巻頭言「掛け値のない放射線知識を市民へ」
／丹治 一
専門講座要旨「診療放射線技師の役割と義務」
／塚本 篤子
入門講座要旨「放射線影響論」
／竹井 泰孝
専門分科会合同シンポジウム要旨
テーマ：「CT 検査における線量低減技術」
1. 撮影：CT における被ばく低減技術のソリューション／村松 禎久
2. 画像：線量低減技術と画質への影響
／市川 勝弘
3. 計測：線量低減技術の線量測定の注意点
／庄司 友和
4. 防護：線量低減技術による臓器線量からみたリスク評価／広藤 喜章
5. 核医学：SPECT/CT 装置における被ばく線量（X 線）の評価／原 成広
6. 医療情報：線量低減技術と医療情報／栃原 秀一
第 35 回放射線防護分科会要旨
教育講演
「ICRP2007 年勧告について ー第 2 専門委員会の取り組みー」／石榑 信人
テーマ：「医療における非がん影響を考える」
(1) ICRP1990 年勧告からの変更点と今後 ー医療被ばくに関してー／赤羽 恵一
(2) 原爆被爆者における放射線と非がん疾患死亡との関連／小笹晃太郎
(3) 頭部 IVR による医師と患者の水晶体被ばく
／盛武 敬
(4) 医療従事者の被ばく状況について／大口 裕之
市民公開講座参加報告
第 68 回総合学術大会放射線防護・管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 36 号（2013.4.11 発行）

巻頭言「福島復興と高橋信次先生」／島田 義也
入門講座要旨「妊娠と放射線」／島田 義也
専門講座要旨「国際機関の取り組みと国際的動向」
／赤羽 恵一
第 36 回放射線防護分科会要旨
教育講演
「海外における医療放射線管理の動向について」
概要および診断装置の立場から／伊藤 友洋
管理システムの立場から／鈴木 真人
テーマ：「線量管理はできるのか？できないのか？」
(1) 精中委施設画像評価における画質と線量の評価
／西出 裕子
(2) Exposure Index の有効な使用法と当面の問題について／國友 博史
(3) CT の線量評価：現状と今後の展開／村松 禎久
(4) 血管撮影装置における線量管理／塚本 篤子
第 40 回秋季学術大会放射線防護・管理関連演題発表後抄録
防護分科会誌インデックス

第 37 号（2013.10.17 発行）

巻頭言「みんなの力の結集を！！」／塚本 篤子
入門講座「放射線の人体への影響」／水谷 宏
専門講座「診断領域での患者線量評価と最適化」
／鈴木 昇一
第 37 回放射線防護分科会
教育講演
「国内外の医療施設における放射線防護教育事情」
／松原 孝祐
テーマ：「放射線防護における診療放射線技師の役割とは？ 」
1. 医療施設における放射線防護教育（医療従事者に対して） ／磯辺 智範
2. 被ばく相談にどう向かい合うべきか（患者に対して） ／竹井 泰孝
3. 養成施設における防護管理者としての技師教育（学生に対して） ／佐藤 斉
4. 福島原発事故に対する診療放射線技師の役割（公衆に対して） ／大葉 隆
専門分科会合同シンポジウム：「ディジタル化時代の被ばく管理を考える」
1. 線量指標の取扱いと注意点／庄司 友和
2. 医療情報分野からの被ばく線量管理／栃原 秀一
3. 一般撮影領域における被ばくと Exposure Index（EI）／中前 光弘
4. 知っておきたい CT 検査領域における被ばく管理／野村 恵一
5. 核医学検査領域の被ばくとの関係／原 成広
6. 放射線被ばくリスク評価／広藤 喜章
世界の放射線防護関連論文紹介
1. 小児腹部 CT における診断参考レンジ
／松原 孝祐
2. 小児から青年期 680,000 人による CT 検査のがんリスク：豪州 1,100 万人の研究データから
／土居 主尚
第 4 回放射線防護セミナー参加報告
／倉本 卓／石橋 徹／井上 真由美
砂屋敷忠先生を偲んで／西谷 源展
防護分科会誌インデックス

第 38 号（2014.4.10 発行）

巻頭言「柔軟な発想とノーベル賞の素」／藤淵 俊王
専門講座 2 要旨「患者への放射線説明 診療放射線技師の役割」／石田 有治
第 38 回放射線防護分科会要旨
教育講演「放射線影響の疫学調査」／錬石 和男
テーマ：「血管系および非血管系 IVR における術者の水晶体被ばくの現状と管理方法」
1. 従事者の水晶体被曝の現状と管理方法／大口 裕之
2. non-vascular IVR における現状と管理／森 泰成

3. vascular IVR における現状と管理／小林 寛
合同企画プログラム要旨
テーマ「医療被ばくの低減と正当化・最適化のバランス」
1. 小児 CT における正当化と最適化／宮嵜　治
2. CT 検査で患者さんが受ける線量の現状と低減化の状況／鈴木 昇一
3. 低線量放射線の発がんリスクに関するエビデンス／島田 義也
4. 放射線撮影：知っておきたい CT 検査領域における被ばく管理／赤羽　恵一
入門講座要旨「リスクコミュニケーションの考え方 -低線量長期被ばくを見据えて-」／広藤 喜章
専門講座要旨「放射線による人体への影響　-急性障害と晩発障害-」／松原　孝祐
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Dose distribution for dental cone beam CT and its implication for defining a dose index／吉田 豊
2. Establishment of scatter factors for use in shielding calculations and risk assessment for computed tomography facilities／藤淵 俊王
3. Ultrasonography survey and thyroid cancer in the Fukushima Prefecture／広藤 喜章
防護分科会誌インデックス

第 39 号（2014.4.10 発行）
巻頭言「放射線防護分科会が担うこととは」／加藤 英幸
専門分科会合同シンポジウム要旨「撮影技術の過去から未来への継承～画質と線量の標準化を目指して～」
1. 防護：診断参考レベル（DRLs）策定のための考察／鈴木　昇一
2. 計測：患者線量の測定および評価／能登 公也
3. 画像：X 線画像における感度と画質／岸本 健治
4. 放射線撮影：画質を理解した撮影条件の決定／中前 光弘
5. 放射線撮影：X 線撮影装置と AEC の管理／三宅 博之
6. 医療情報：ディジタル画像時代の検像と標準の活用／坂野　隆明
7. 教育：ディジタル化時代における洞察力の必要性／磯辺 智範
学術委員会合同パネルディスカッション要旨「病院における非常時の対応～医療機器対策と緊急時対応～」
［座長提言］土`井 司／佐藤 幸光
1. 撮影：撮影装置の対応と管理（X 線 CT を含む）／柏樹 力
2. 撮影：MR 装置の対応と管理（強磁性体，クエンチなど）／引地 健生
3. 核医学：核医学検査装置と非密封放射性物質・放射化物の管理／山下 幸孝
4. 放射線治療：放射線治療装置の管理と患者の治療の継続／原 潤
5. 医療情報：災害時のネットワーク管理（自施設対応と地域連携）／坂本 博
6. 放射線防護・計測：安全管理のための計測と再稼働のための確認／源 貴裕
7. 医療安全対策小委員会：法的規制の立場からの注意点／小髙 喜久雄
8. JIRA：医療機器メーカが提唱する緊急時対策 ～医用システムについて～／鈴木 真人
入門講座 3 要旨「内部被ばく線量評価と防護」／五十嵐 隆元
専門講座3要旨「従事者被ばくの概要と被ばく管理」／加藤 英幸
第 39 回放射線防護分科会【計測分科会 / 放射線防護分科会 / 医療被ばく評価関連情報小委員会　合同分科会】要旨
教育講演「医療放射線防護と診断参考レベル」／五十嵐隆元
合同シンポジウム　テーマ：「診断参考レベル（diagnostic reference level：DRL）を考える」
1. 装置表示線量値の持つ意味とその精度／小山 修司
2. Dose-SR を利用した医療被ばく管理は出来るのか／奥田 保男
3. 医療被ばく管理に対する日本医学放射線学会からの提言／石口 恒男
4. 我が国の画像診断装置，医療情報システムにおける Dose-SR 対応の現状／佐藤 公彦
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Estimation of mean glandular dose for contrast enhanced digital mammography: factors for use with the UK, European and IAEA breast dosimetry protocols.／五十嵐隆元
2. Reducing radiation exposure to patients from kV-CBCT imaging.／森 祐太郎
第 5 回放射線防護セミナー参加報告
横町 和志／田丸 隆行／甲谷 理温
防護分科会誌インデックス

第 40 号（2015.4.16 発行）
巻頭言「日本の医療放射線防護」／赤羽 恵一
専門講座要旨「水晶体の線量限度引き下げの概要と今後の課題／松原 孝祐
教育講演要旨「福島第一原子力発電所事故後の現状」／遊佐 烈
第 40 回放射線防護部会要旨
テーマ「知っておきたい中性子の知識 －基礎から応用までー」
1. 中性子の特徴－物理学的観点からー／磯辺 智範
2. 中性子の人体への影響／米内 俊祐

3. 中性子の把握／黒澤 忠弘
4. 中性子の医学利用／佐藤 英介
5. 医療機関における中性子に関する法令／藤淵 俊王
入門講座要旨「診断参考レベル（DRLs）を理解しよう」／五十嵐 隆元
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Secondary neutron doses received by pediatric patients during intracranial proton therapy treatments. ／松本 真之介
2. Size-specific, scanner-independent organ dose estimates in contiguous axial and helical head CT examinations／松原 孝祐
3. Radiation Dose and Cataract Surgery Incidence in Atomic Bomb Survivors, 1986–200／広藤 喜章
第 42 回秋季学術大会後抄録 放射線防護分科会/計測分科会/医療被ばく評価関連情報小委員会 合同シンポジウム
・テーマ「診断参考レベル（diagnostic reference level : DRL）を考える」
1. 装置表示線量値の持つ意味とその精度／小山 修司
2. Dose-SR を利用した医療被ばく管理は出来るのか／奥田 保男
3. 医療被ばく管理に対する日本医学放射線学会からの提言／石口 恒男
4. 我が国の画像診断装置, 医療情報システムにおける Dose-SR 対応の現状／佐藤 公彦
第 6 回放射線防護セミナーのご案内
防護分科会誌インデックス

第 41 号（2015.10.8 発行）
巻頭言「放射線防護委員会＆日本の診断参考レベル元年」／塚本　篤子
第 41 回放射線防護部会要旨（撮影部会, JIRA 共催）
テーマ「CT 撮影における標準化と最適化～次のステップに向けた取り組み」
教育講演「医療被ばくの放射線防護～正当化および最適化の現状と課題～」／赤羽　恵一
パネルディスカッション「CT における線量最適化の現状と課題」
1.「X 線 CT 撮影における標準化～GALACTIC～」の改訂／高木　卓
2. DRL 構築のための線量管理「装置から提供される情報」／山崎　敬之
3. DRL 構築のための線量管理「線量情報管理システム」／伊藤　幸雄
4. CT における診断参考レベルの設定について／西丸　英治
5. 小児 CT における撮影条件設定の考え方／坪倉 聡
6. 我が国の小児 CT で患児が受ける線量の実態／竹井　泰孝
専門講座要旨「日本の診断参考レベルと活用方法」／五十嵐 隆元
入門講座要旨「放射線防護で扱う単位と用語の活用法」／磯辺　智範
市民公開講座要旨
テーマ「放射線と食の安全　～日本の食文化を守るために～」
1. ここがポイント！放射線と放射能 ～医療での利用を含めて～／塚本　篤子
2. 食品に含まれる放射性物質～内部被ばくと外部被ばくは違うの？～／広藤　喜章
3. 放射線と食品のリスク　～食の安全を確保するためには～／畝山智香子
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Effect of staff training on radiation dose in pediatric CT／西丸　英治
2. Units related to radiation exposure and radioactivity in mass media: the Fukushima case study in Europe and Russia／大葉　隆
第 6 回放射線防護セミナー参加報告
高橋　伸光／角田　和也
防護分科会誌インデックス

第 42 号（2016.4.16 発行）
巻頭言「放射線防護と画質の関係について」／西丸 英治
教育講演要旨「Worldwide Trend in Occupational Radiation Protection in Medicine」／Kwan-Hoong Ng
「The Current Status of Eye Lens Dose Measurement in Interventional Cardiology Personal in Thailand」／Anchali Krisanachind
第 42 回放射線防護部会要旨
テーマ「放射線診療従事者の不均等被ばくを考える」
1.「1cm 線量当量の定義と意味」／広藤　喜章
2.「一般撮影での不均等被ばく」／竹井　泰孝
3.「血管造影・透視での不均等被ばく」／横山　須美
4. X 線 CT での不均等被ばく／宮島　隆一
専門講座要旨「原子力発電所事故における放射線防護」／長谷川　有史
入門講座要旨「CT 検査の被ばくを考える」／西丸　英治
第 7 回放射線防護セミナーを受講して／関口　美雪廣澤　文香
防護分科会誌インデックス

第 43 号（2016.10.13 発行）
巻頭言「2 年目を迎えた我が国の診断参考レベル」／竹井　泰孝
第 43 回放射線防護部会要旨
教育講演
疫学データの解釈に必要な基礎知識／橋本　雄幸

テーマ「日常診療に有用な放射線防護の知識」
1.「放射線生物学―被ばくの理解のために―」／鍵谷　豪
2.「X 線 CT 検査での被ばく評価」／松原　孝祐
3.「医学検査での被ばく評価」／津田　啓介
4.「放射線治療における被ばく」／富田　哲也
入門講座要旨「放射線リスクの基本的な考え方-デトリメント（被ばくに伴う損害）とは？」／広藤　喜章
専門講座要旨「中性子の防護に必要な基礎知識と有効利用」／磯辺　智範
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Radiation Exposure of Patients Undergoing Whole-Body Dual-Modality 18F-FDG PET/CT Examination／富田　哲也
2. Measurement and comparison of individual external doses of high-school students living in Japan, France, Poland and Belarus—the 'D-shuttle' project—／髙橋　英希
寄稿　「ヨーロッパにおける放射線災害への準備と対応に関する取り組み」／大葉　隆
第 8 回放射線防護セミナー報告／鈴木　貢
防護分科会誌インデックス

第 44 号（2017.4.13 発行）
巻頭言「偉人の言葉」／塚本　篤子
基礎から学べる放射線技術学 2「放射線防護の基本的な考え方」／広藤　喜章
第 44 回放射線防護部会要旨
教育講演
「血管撮影領域におけるコーンビーム CT の臨床と被ばく線量」／瀬口　繁信
テーマ「コーンビーム CT の被ばくを考える」
1.「歯科用 CBCT の現状と線量評価」／鑓田　和真
2.「血管撮影領域における CBCT の被ばく線量について」／山田　雅亘
3.「Current Approach for Dosimetry for Area Detector CT」／庄司　友和
4.「放射線治療における CBCT の被ばくについて」／日置　一成
入門講座要旨「被ばくの種類と基準値の理解」／藤淵　俊王
専門講座要旨「医療被ばくへの不安に向き合うために」／五十嵐　隆元
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Tetrahedral-mesh-based computational human phantom for fast Monte Carlo dose calculations.／佐藤　直紀
2. Optimization of Scatter Radiation to Staff During CT-Fluoroscopy: Monte Carlo Studies.／松原　孝祐
第 9 回放射線防護セミナー報告／上野　博之
第 2 回診断参考レベル活用セミナーの参加報告／田村　恵美，田頭　吉峰
第 3 回診断参考レベル活用セミナーの参加報告／高橋　弥生
第 4 回診断参考レベル活用セミナーの参加報告／伊藤　照生，伊藤　等，小野寺　桜
防護分科会誌インデックス

第 45 号（2017.10.19 発行）
巻頭言「従事者の水晶体被ばくと管理者の義務」／五十嵐　隆元
第 45 回放射線防護部会要旨
教育講演
「放射線災害への対応～その取り組むべきポイントとは～」／大葉　隆
テーマ「放射線災害への対応～その取り組むべきポイントとは～」
1.「新しい原子力災害医療体制の現状と問題点」／廣橋　伸之
2.「原子力災害時における初期内部被ばく線量の測定と評価」／栗原　治
3.「福島県川内村における放射線健康リスクコミュニケーション～長崎大学川内村復興推進拠点での取り組み～」／折田　真紀子
入門講座要旨「個人線量管理（職業被ばく）」／千田　浩一
専門講座要旨「世界の放射線災害から学ぶ-放射線事故対策の重要性-」／広藤　喜章
放射線防護フォーラム
テーマ「今から考えておこう　従事者の水晶体被ばくについて」
「今なぜ従事者の水晶体被ばくが話題になっているか」／松原　孝祐
「各種国内法令見直しの現状」／藤淵　俊王
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Exposure to low dose computed tomography for lung cancer screening and risk of cancer: secondary analysis of trial data and risk-benefit analysis／広藤　喜章
2. Subjecting Radiologic Imaging to the Linear No-Threshold Hypothesis: A Non Sequitur of Non-Trivial Proportion.／西丸　英治
第 10 回放射線防護セミナー（最終開催）の参加報告／石倉　諒一／關原　恵理
第 5 回診断参考レベル活用セミナーの参加報告／中田　朋子／尾野　倫章
防護分科会誌インデックス

第 46 号（2018.4.12 発行）
巻頭言「リスクコミュニケーション教育プログラムの必要性」／磯辺　智範
第 46 回放射線防護部会要旨
教育講演
「診断参宇宙放射線とバイオドシメトリ」／鈴木

健之
テーマ「放射線防護・管理のフロンティア」
1.「放射線防護の線量概念－線量当量、等価線量、実効線量－」／広藤　喜章
2.「不均等被ばく管理の重要性」／五十嵐　隆元
3.「CT 撮影による被ばく線量を評価する WEB システム WAZA-ARI の紹介」／吉武　貴康
4.「放射線防護ピットフォール」／大葉　隆
専門部会講座（入門編）要旨
原子力災害医療における役割とは？／西丸　英治
放射線の人体への影響
専門部会講座（専門編）要旨
－エビデンスから探る放射線健康リスク－／磯辺智範
放射線防護フォーラム
テーマ「CT 検査の線量最適化に向けた取り組み」
CT 検査における線量最適化の必要性／松原　孝祐
世界の放射線防護関連論文紹介
1.　Benchmarking pediatric cranial CT protocols using a dose tracking software system: a multicenter study／竹井　泰孝
2.　Polonium-210 poisoning: a first-hand account／大葉隆
診断参考レベル活用セミナーの参加報告／服部正明／大嶋　友範／小浴　恵／勝部　祐司
防護分科会誌インデックス

第 47 号（2018.10.4 発行）
巻頭言「原子力災害医療とチーム医療」／大葉隆
第 47 回放射線防護部会要旨
教育講演
テーマ「診断参考レベル次のステップへ」「CT 撮影による被ばく線量評価システム WAZA-ARI の活用と展開」／古場　裕介
テーマ「CT 検査の被ばく線量評価を考える」
1.　CT 検査の線量管理－RDSR の活用と現状の問題点－／西田　崇
2.　シミュレーションによる CT 線量評価－活用法および問題点－／松原　孝祐
3.　実測による CT 線量評価の必要性／庄司　友和
専門部会講座（入門編）要旨
原子力災害時の住民対応（避難退域時検査及び簡易除染方法と被ばく線量評価）／大葉　隆
専門部会講座（専門編）要旨
ICRP Pub.135 (Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging) の概要／五十嵐　隆元
世界の放射線防護関連論文紹介
1.　DNA double strand breaks induced by low dose mammography X-rays in breast tissue: A pilot study（マンモグラフィの低線量 X 線により乳房組織内に誘発された DNA の二重鎖切断 : パイロット研究）／五十嵐　隆元
2.　BUILDING RISK COMMUNICATION CAPABILITIES AMONG PROFESSIONALS: SEVEN ESSENTIAL CHARACTERISTICS OF RISK COMMUNICATION（リスクコミュニケーションにおいて専門家に求められる 7 つのエッセンス）／森　祐太郎
防護分科会誌インデックス

第 48 号（2019.4.11 発行）
巻頭言「2020 年は医療放射線防護イヤー」／竹井泰孝
第 48 回放射線防護部会要旨
教育講演
「線量管理計算システムの近未来」／山本　修司
テーマ「線量管理システムを利用した医療被ばく管理の実際」
1.「1. 線量管理システムの使用経験と今後の課題」／山下　祐輔
2.「国立成育医療研究センターにおける線量管理システムを利用した医療被ばく管理の実際」／今井瑠美
3.「医療クラウドサービスを用いた線量管理システムの使用経験」／赤木　憲明
4.「線量管理システムの活用について」／上野登喜生
専門部会講座（放射線防護部会：入門編）放射線防護の基本的な考え方と主要な組織／松原　孝祐
専門部会講座（放射線防護部会：専門編）リスクコミュニケーションの考え方／竹井　泰孝
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Procedure-specific CT Dose and Utilization Factors for CT-guided Interventional Procedures／塚本　篤子
2. Occupational radiation exposure and risk of cataract incidence in a cohort of US radiologic technologists.／松原　孝祐
書評　放射線のリスクを学ぶ　保健師のためのテキスト／藤淵　俊王
第 2 回医療放射線リスクコミュニケーションセミナー参加報告／大久保　玲奈／井手　隆裕
防護分科会誌インデックス

第 49 号（2019.10.17 発行）
巻頭言「新しい時代に求められる放射線防護部会を目指して」／松原　孝祐
第 49 回放射線防護部会要旨
教育講演
「医療被ばくに対する ICRP の考え方」／五十嵐隆元
テーマ「新しい Japan DRLs に向けて」
1.「一般撮影」／浅田　恭生
2.「マンモグラフィ・歯科口内法 X 線撮影」／根岸

徹
3.「CT」／竹井　泰孝
4.「透視」／加藤　英幸
5.「IVR」／坂本　肇
6.「核医学」／對間　博之
専門部会講座（放射線防護部会：入門編）医療被ばくの共通認識／磯辺　智範
専門部会講座（放射線防護部会：専門編）線量概念の 3 つのエッセンス／森　祐太郎
世界の放射線防護関連論文紹介
1.Dosimetric assessment of the exposure of radiotherapy patients due to cone-beam CT procedures.
（放射線治療におけるコーンビーム CT の患者被ばく線量評価）／森　祐太郎
2.Influences of operator head posture and protective eyewear on eye lens doses in interventional radiology: A Monte Carlo Study.（IVR における水晶体線量に対するオペレーターの頭の姿勢と防護眼鏡の影響：モンテカルロ研究）／平田　悠真
防護分科会誌インデックス

第 50 号（2020.4.1 発行）
巻頭言「いつか来た道」／五十嵐　隆元
第 50 回放射線防護部会要旨
寄稿
「コーチング型マネジメントの可能性」／黒川　信哉
テーマ「医療現場におけるコミュニケーションの重要性」
1.　医療現場に求められる専門職者間のコミュニケーションスキルと効果／岡本　華枝
2.　被検者を対象とした医療放射線リスクコミュニケーションに必要なスキル／五十嵐　隆元
3.　医療スタッフを対象とした医療放射線の取り扱い研修に必要なコミュニケーションスキルと実際」／越智　悠介
専門部会講座（放射線防護部会：入門編）一問一答、放射線被ばくに関するよくある質問／磯辺　智範
専門部会講座（放射線防護部会：専門編）発がんのメカニズム：時代遅れにならないために／島田　義也
世界の放射線防護関連論文紹介
1.　New evidence supporting lung cancer screening with low dose CT & surgical implications.
（低線量肺がん CT スクリーニングを支持する新しいエビデンスと外科的意義）／西丸　英治
2.　Quantification of Avoidable Radiation Exposure in Interventional Fluoroscopy With Eye Tracking Technology
（アイトラッキング技術を用いた透視下 IVR における回避可能な放射線被ばくの定量化）／塚本　篤子
防護分科会誌インデックス

第 51 号（2020.10.1 発行）
巻頭言「10 年目を迎える福島第一原発事故からの原点回帰」／大葉　隆
第 51 回放射線防護部会要旨
特別誌上講座
[ゴール達成型学習デザイン（ゴールド・メソッド）に基づく医療コミュニケーションテクニック]／岡本　華枝
テーマ「歴代部会長による寄稿　～今後の放射線防護部会に期待する事～」
1. 放射線防護部会に期待する事／水谷　宏
2. 医療放射線被ばくの世界に関わって／鈴木　昇一
3. 放射線防護部会に期待すること／五十嵐　隆元
4. リスクと放射線防護／塚本　篤子
5. 放射線防護部会の役割と今後の取り組みについて／松原　孝祐
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Monte Carlo simulations of different CT X-ray energy spectra within CTDI phantom and the influence of its changes on radiochromic film measurements.（CTDI ファントム内の異なる CT X 線エネルギースペクトルにおけるモンテカルロシミュレーションがラジオクロミックフィルム測定に及ぼす影響）／小林　正尚
2. Simulation of scattered radiation during intraoperative imaging in a virtual reality learning environment.（仮想現実学習環境での術中イメージング中の散乱放射線のシミュレーション）／西　和紀
3. Gonad shielding in pelvic radiography: modern optimized X-ray systems might allow its discontinuation.（骨盤 X 線撮影における生殖腺防護：最新の最適化された X 線システムにより中止を可能にするかもしれない）／竹井　泰孝
4. Investigation of the cumulative number of chromosome aberrations induced by three consecutive CT examinations in eight patients.（8 人の患者における 3 連続 CT 検査により誘発された染色体異常の調査）／森　祐太郎
防護分科会誌インデックス

第 52 号（2021.4.1 発行）
巻頭言「放射線防護学」はどうあるべきか／松原孝祐
第 52 回放射線防護部会要旨
教育講演
「医療用放射線の安全管理に関する研修と有害事例等発生時の対応の概要」／藤淵　俊王
テーマ「医療用放射線の安全管理に関する研修と有害事例等発生時の対応の概要」

1. 医療用放射線の安全管理に関する研修の実例／木口　雅夫
2. 過去の有害事例と有害事例等発生時の対応体制の構築／加藤　守
3. 医療従事者と患者様との情報共有の実際／笹崎俊宏
専門部会講座⑫放射線防護(入門編)シミュレーションのススメ／小林　正尚
専門部会講座⑬放射線防護(専門編) リニアック放射化物管理状況と今後の課題／川村　愼二
世界の放射線防護関連論文紹介
1. No significant association between stable iodine intake and thyroid dysfunction in children after the Fukushima nuclear disaster: An observational study（福島原発事故後の子供たちにおける安定ヨウ素剤の摂取と甲状腺機能障害に有意な関係性が見られず：観察研究）／大葉　隆
2. Biological effects of low-dose chest CT on chromosomal DNA（低線量胸部 CT が染色体 DNA に及ぼす生物学的影響染）／西丸　英治
防護分科会誌インデックス

第 53 号（2021.10.1 発行）
巻頭言「人の心に寄り添えるリスクコミュニケーションの実践」／木村　英理
第 53 回放射線防護部会要旨
教育講演
「バイオドシメトリで見る放射線の生物影響」／阿部　悠
テーマ「医療被ばく相談における線量の考え方」
1. 実効線量って何？－定義と考え方－／広藤　喜章
2. ICRP Publ.102 の k factor を用いた実効線量推定法の問題点／小林　正尚
3. 線量管理システムによる実効線量計算／竹井泰孝
4. 医療被ばくの説明における「線量」の扱い方/五十嵐　隆元
放射線防護 (入門 6) 放射線管理－施設管理－／吉井　勇治
放射線防護 (専門 1) 放射線治療の防護に必要な基礎知識 －X 線から粒子線まで－／森　祐太郎，医療被ばく評価－核医学検査－／飯森　隆志
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Development of computer simulator ‘Kawauchi Legends’ as disaster response medical training software: overcoming the COVID-19 pandemic（災害対応医療訓練ソフトウエアであるコンピューターシミュレーター「Kawauchi Legends」の開発：COVID-19 パンデミックの克服）／大葉　隆
2. Reduction of Operator Hand Exposure in Interventional Radiology With a Novel Finger Sack Using Tungsten-containing Rubber（タングステン含有ゴムを用いた新型フィンガーサックによる IVR における術者手指被ばくの低減）／宮島　隆一
3. Pediatric radiation dose and cancer risk associated with body effective diameter during CT thorax examination（胸部 CT 検査時の体有効径に関連する小児の放射線量とがんリスク）／西丸　英治
防護分科会誌インデックス

第 54 号（2022.4.14 発行）
巻頭言「医療放射線を取り巻く状況の変化により求められるスキル」／宮島　隆一
第 54 回放射線防護部会要旨
教育講演
「生殖腺防護の要否に関するエビデンス」／島田義也
テーマ「小児股関節撮影における生殖腺防護」
1. 小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班報告書の詳細／広藤　喜章
2. 小児股関節撮影で放射線科医が求める情報／宮嵜　治
3. 小児股関節撮影で整形外科医が求める情報／江口　佳孝
4. 生殖腺や胎児防護に関する相談の事例から/五十嵐　隆元
放射線防護 (入門) 放射線防護体系 －被曝の種類と基準値－／小林　正尚
放射線防護 (入門) 被ばくに関する説明 －リスクコミュニケーションの基礎－／木村　英理
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Simulation study on radiation exposure of emergency medical responders from radioactively contaminated patients. （放射線物質に汚染された患者から受ける救急隊員の被ばくシミュレーション）／大葉　隆
2. Do we really need the “detriment” for radiation protection? （放射線防護において「デトリメント」が本当に必要か？）／森 祐太郎
3. Low-dose CT of the abdomen: Initial experience on a novel photon-counting detector CT and comparison with energy-integrating detector CT.（腹部の低線量 CT，フォトンカウンティング検出器 CT の初期使用経験と従来型検出器 CT との比較）／西丸　英治
防護分科会誌インデックス

第 55 号（2022.10.7 発行）
巻頭言「新時代に突入した放射線防護の波に乗ろう」／森　祐太郎
第 55 回放射線防護部会要旨
教育講演
「被ばく相談に必要なスキル－被ばく相談における現状と問題点について－」／竹井　泰孝
テーマ「チームで行うリスクコミュニケーションに

向けて」
1. リスクコミュニケーションの現状－医師の立場から－／赤羽　正章
2. リスクコミュニケーションの現状－看護師の立場から－／野口　純子
3. リスクコミュニケーションの現状－診療放射線技師の立場から－／五十嵐 隆元
4. リスクコミュニケーションの現状－診療放射線技師教育の立場から－/小林　正尚
放射線防護 (入門) 放射線災害―放射線事故―／西丸　英治
放射線防護 (専門) 放射線管理―放射線業務従事者の管理―／藤淵　俊王
世界の放射線防護関連論文紹介
1. Hippocampal Avoidance During Whole-Brain Radiotherapy Plus Memantine for Patients with Brain Metastases: Phase III Trial NRG Oncology CC001.（脳転移への全脳照射では海馬回避により認知障害を減らせる：NRG Oncology CC001）／宮島　隆一
2. Review of engagement activities to promote awareness of radiation and its associated risk amongst the Japanese public before and after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. （福島第一原子力発電所事故の前後における日本国内の放射線と関連するリスクの認識を促進するための学会活動のレビュー）／大葉　隆
防護分科会誌インデックス

日本放射線技術学会放射線防護部会内規

１．目的

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

２．適用範囲

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

３．放射線防護部会の編成と運営の基本

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

４．放射線防護部会委員の構成および任期

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

５．放射線防護部会の業務

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

６．放射線防護部会の業務運営

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

付 則

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

編集後記

最近は新型コロナウイルスの影響も少なくなり当院においてもコロナ病棟の閉鎖や国内外の出張の再開，小規模ではありますが送別会など行われるようになってきました．皆様のご施設ではいかがでしょうか？横浜でも多くの現地参加が見込まれると思います．今までのガラガラの総会も楽で良かったのですが去年でそれも見納めになりそうです．

さて，第 79 回日本放射線技術学会総会学術大会時に開催される，第 56 回放射線防護部会のテーマは，「福島第一原発事故の風評対策と放射線知識の普及」です．東日本大震災からもう 12 年が経過しました．現在では，福島県内の帰還困難区域は少しずつ縮小され多くの住民の方がふるさとに戻ることが出来るようになりました．私も当時は医療班として延べ 30 日程度福島市内の施設，飯館村，双葉町，富岡町で活動を行ってきました．活動中のわれわれを現地の方々がおもてなしして頂いたことがあり非常に驚いたことを思い出します．逆にわれわれに元気を沢山いただきました．1 日でも早く復興が完了する事を祈るばかりです。

シンポジウムでは，福島県の県民健康調査やぐぐるプロジェクト，放射線についての説明をどうしたら住民の方に理解して頂けるのか，また今話題のトリチウムの生体影響についてなど様々な専門家の先生方の講演があります．個人的に興味深い内容ばかりで楽しみです。この貴重な機会に会員の皆様方には多く参加して頂き，活発な意見交換をしたいと考えております．たくさんのご参加をお待ちしております．是非現地で皆様と顔を合わせて活発な議論を熱望しております．

最後に個人的なことですが，2022 年度を持ちまして放射線防護部会の委員を退任する事になりました．主に編集担当として活動してきましたが編集後記を読んでいただいた会員の皆様には感謝致します．今後も放射線防護部会を宜しくお願い致します．ありがとうございました．

放射線防護部会委員　西丸　英治
（広島大学病院　診療支援部）

放射線防護部会誌　第 56 号
発行日：2023 年 4 月 13 日
発行人：公益社団法人 日本放射線技術学会　放射線防護部会
部会長　松原　孝祐
発行所：公益社団法人 日本放射線技術学会
〒600-8107　京都市下京区五条通新町東入東屋町 167
ビューフォート五条烏丸　3F
TEL 075-354-8989
FAX 075-352-2556

公益社団法人 日本放射線技術学会　放射線防護部会委員（50 音順）

部 会 長	まつばら　こうすけ 松原　孝祐	金沢大学 医薬保健研究域保健学系 matsuk@mhs.mp.kanazawa-u.ac.jp
委　　員	いがらし　たかゆき 五十嵐　隆元	国際医療福祉大学成田病院 igarashi@iuhw.ac.jp
	おおば　たかし 大葉　隆	福島県立医科大学 tohba@fmu.ac.jp
	きむら　えいり 木村　英理	神戸常盤大学 e-kimura@kobe-tokiwa.ac.jp
	こばやし　まさなお 小林　正尚	藤田医科大学 masa1121@fujita-hu.ac.jp
	たけい　やすたか 竹井　泰孝	川崎医療福祉大学 ytakei@mw.kawasaki-m.ac.jp
	にしまる　えいじ 西丸　英治	広島大学病院 診療支援部 eiji2403@tk9.so-net.ne.jp
	みやじま　りゅういち 宮島　隆一	国立病院機構鹿児島医療センター miyajima.ryuichi.wk@mail.hosp.go.jp
	もり　ゆうたろう 森　祐太郎	筑波大学医学医療系 ymori@md.tsukuba.ac.jp

放射線防護部会オリジナルホームページ

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

（日本放射線技術学会 HP の専門部会からでもご覧いただけます）