Jpn. J. Health Phys., **56** (3), 107 〜 115 (2021) DOI: 10.5453/jhps.56.107

解　説

NCRP Statement No. 13「腹部・骨盤部単純 X 線撮影時の慣例的な生殖腺遮蔽の廃止に向けた NCRP 勧告」とその付属文書：経緯と最近の関連動向

藤淵　俊王*1，松原　孝祐*2，浜田　信行*3, #

（2021 年 5 月 6 日受付）
（2021 年 6 月 2 日採択）

NCRP Statement No. 13 “NCRP Recommendations for Ending Routine Gonadal Shielding During Abdominal and Pelvic Radiography” and Its Accompanying Documents: Underpinnings and Recent Developments

Toshioh FUJIBUCHI,*1 Kosuke MATSUBARA*2 and Nobuyuki HAMADA*3, #

In January 2021, the National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) issued a statement along with its accompanying documents, recommending that gonadal shielding should not be used routinely during abdominal and pelvic radiography, and that federal, state, and local regulations and guidance should be revised to remove any actual or implied requirement for routine gonadal shielding. Given its direct relevance to Japan, Japan Health Physics Society established a working group (WG) in March 2021 to translate it into Japanese, make Japanese translation publicly available, and publish a review article. In June 2021, the WG published Japanese translation in this journal. While preparing translation, the WG recognized the need of supplementary explanations for several aspects to help better understand NCRP Statement No. 13. The first aspect is a series of discussions toward a consensus formation made in various relevant US associations and organizations, leading to a statement. The second is underlying science for heritable genetic effects, shielding, and imaging. The third is exemplification of concrete cases for more practicality. This review article therefore aims to address these aspects.

KEY WORDS: NCRP Statement No. 13, gonadal shielding, heritable genetic effects, abdominal and pelvic radiography, radiation protection.

I　は　じ　め　に

米国放射線防護審議会（National Council on Radiation Protection and Measurements: NCRP）は，2021 年 1 月 12 日に，生殖腺防護に関する声明（NCRP Statement No. 13）[1]，ならびに，その付属文書として適用ガイダンス[2] と説明用三つ折りパンフレット[3] を公開し，これによって，腹部や骨盤部の単純 X 線撮影時における生殖腺遮蔽は放射線防護の慣例として正当化されないと勧告した。この声明は，本邦においても参考となるものであり，日本語版の公開によって，国内でより多くの方々に情報共有が可能になる。そこで，（一社）日本保健物理学会の理事会の下に設置された「生殖腺防護に関する NCRP 声明」翻訳ワーキンググループが，2021 年 3 月に声明と付属文書を和訳して，2021 年 6 月に日本語版を本誌に公開した[4]。

*1 九州大学大学院医学研究院保健学部門医用量子線科学分野；福岡県福岡市東区馬出 3−1−1（〒 812−8582）
Division of Quantum Radiation Science, Department of Health Sciences, Faculty of Medical Sciences, Kyushu University; 3−1−1 Maidashi, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 812−8582, Japan.
*2 金沢大学医薬保健研究域保健学系量子医療技術学講座；石川県金沢市小立野 5−11−80（〒 920−0942）
Department of Quantum Medical Technology, Faculty of Health Sciences, Institute of Medical, Pharmaceutical and Health Sciences, Kanazawa University; 5−11−80 Kodatsuno, Kanazawa-shi, Ishikawa 920−0942, Japan.
*3（一財）電力中央研究所サステナブルシステム研究本部生物・環境化学研究部門放射線安全ユニット；東京都狛江市岩戸北 2−11−1（〒 201−8511）
Radiation Safety Unit, Biology and Environmental Chemistry Division, Sustainable System Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI); 2−11−1 Iwado-kita, Komae-shi, Tokyo 201−8511, Japan.
Corresponding author; E-mail: hamada-n@criepi.denken.or.jp

この翻訳の過程で，NCRP Statement No. 13[1] をより深く理解するには，声明の刊行に至るまでの米国関連諸団体での議論，遺伝性（的）影響・遮蔽・撮影に関する科学的根拠，ならびに現場対応に関する解説が必要であると感じた。そのため，本稿では，これらの点について解説するとともに，関連する国内動向を紹介する。

II　NCRP 声明の刊行に至るまでの米国関連団体の動向

1.　NCRP

NCRP は，米国向けに放射線防護体系の枠組みを勧告する非政府・非営利団体である。米国での NCRP，科学報告書を作成する米国科学アカデミー（National Academy of Sciences: NAS），規制を担当する米国原子力規制委員会（Nuclear Regulatory Commission: NRC）の関係は，国際レベルでの国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection: ICRP），国連科学委員会（United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR），国際原子力機関（International Atomic Energy Agency: IAEA）との関係に似ている。NCRP には 23 のリエゾン機関があり，そのうちの 2 つが日本の原子力規制委員会と放射線審議会である。

NCRP は，放射線の防護・測定について調査し，独自の科学的評価と厳しい査読制度によって信頼性が高い刊行物（10 頁未満の声明，100 頁前後のコメンタリー，数 100 頁のレポートのいずれか）を作成して，米国連邦政府や社会に提供している[5]。NCRP 刊行物は，ICRP や UNSCEAR の刊行物でも重要な根拠としてしばしば引用されている。

NCRP には，7 つの専門委員会（Program Area Committees 1 to 7：PAC 1 から PAC 7）がある。そのうち，PAC 4 は，医療を扱う専門委員会であり，その専門領域は ICRP の第 3 専門委員会に相当する。NCRP の科学委員会（Scientific Committee: SC）は，刊行物を作成するためのアドホックなグループで，ICRP のタスクグループに相当する。NCRP Statement No. 13[1] は，PAC 4 傘下に設置された SC 4–11 が作成し，2020 年 7 月の公開意見募集[6] を経て，2021 年 1 月 12 日に公開された。NCRP Statement No. 13[1] の作成にあたり，米国医学物理学会，米国放射線科専門医認定委員会，米国放射線科専門医会，米国放射線技師協会，Image Gently®，米国小児放射線学会が，NCRP SC 4–11 の活動を財政支援した。

2.　米国食品医薬品局（Food and Drug Administration: FDA）

FDA は，国民の健康福祉の保護・増進を目的に，食品や医薬品等の安全性や有効性を確保するための検査や監視を実施する米国の政府機関である。FDA は，生殖細胞の遺伝子突然変異によって遺伝的影響を誘発するかもしれない放射線被ばくから生殖腺を防護するために遮蔽すべきという勧告を米国連邦規則集（Code of Federal Regulations: CFR）第 21 部 1000.50 項に 1976 年から含めてきたが，それを全廃するための規則修正を 2019 年 4 月に提案した[7]。この修正案では，腹部・骨盤部撮影時に生殖腺を防護するため遮蔽すべきとする勧告が除外されている。

3.　米国医学物理学会（American Association of Physicists in Medicine: AAPM）

AAPM は，医用画像や放射線治療などの医療における放射線利用における正確性，安全性，品質管理に関する研究等，医学物理学分野の研究者らにより構成される学術団体である。AAPM は，2019 年 4 月に患者の生殖腺と胎児の遮蔽具の使用に関する声明を発表した[8]。X 線画像診断中に患者の生殖腺や胎児の遮蔽具を使用すると，解剖学的情報が不明瞭になり，画像システムの自動露出制御装置（automatic exposure control: AEC）の機能が妨げられ，画像検査の診断効果を損ない，実際には患者の放射線の線量増加をもたらす可能性があり，これらのリスクと，胎児と生殖腺の遮蔽具に関連する最小限から存在しない利益のために，AAPM はそのような遮蔽具の使用を中止することを推奨している。

遮蔽具の使用によって，放射線被ばくに対して不安を持つ患者や保護者を安心させられるが，使用を必要とする包括的な声明は，現在の証拠では支持できない。さらに，AAPM は，診療放射線技師の教育プログラム（患者への働きかけを含む）が，生殖腺と胎児の遮蔽具の限られた有用性と潜在的な欠点に関する情報を提供することを推奨している[9–12]。

4.　米国放射線科専門医会（American College of Radiology: ACR）

ACR は，米国の放射線診断医，放射線腫瘍医，核医学医師，医学物理士により構成される団体である。ACR は，2019 年 6 月に患者の生殖腺と胎児の遮蔽に関する AAPM の声明の支持を表明した[13]。ACR は，これが実践における大きな変化であることを認識しており，

AAPM やその他の利害関係者グループと積極的に協議を進め，トレーニングや教育プログラム，および臨床現場に役立つ推奨事項の作成を支援するとしている。

その他，オーストラリア医学物理協会（Australasian College of Physical Scientists & Engineers in Medicine: ACPSEM），カナダ放射線科医協会（Canadian Association of Radiologists: CAR），カナダ医学物理学学会（Canadian Organization of Medical Physicists: COMP），米国保健物理学会（Health Physics Society: HPS），Image Gently® アライアンス，北米放射線学会（Radiological Society of North America: RSNA）等がAAPMの声明に支持を表明している。

5. 米国放射線技師協会（American Society of Radiologic Technologists: ASRT）

ASRT は，米国の診療放射線技師の団体で，優れた患者ケアと安全性の高い放射線診療を実施するためのリソースを提供している。ASRT は，AAPM の声明を慎重に検討した結果，生殖腺と胎児の遮蔽は施設と診療放射線技師にとって長年の慣行であるため，この問題は診療放射線技師コミュニティ内で最重要事項であり，さらに，何十年にもわたって実施されてきた放射線安全の実践を変更するには，教育プログラム，州法，認証，施設プロトコル，および患者の期待を修正する必要があるため，この問題を軽視できず，2019 年 7 月の時点では，AAPM の提案を承認しなかった[14]。

その後も検討が続けられ，2021 年 1 月，特に腹部・骨盤部の単純 X 線撮影時の生殖腺と胎児の遮蔽具の使用の中止を支持する声明を発表した[15]。診療放射線技術の大幅な進歩により，単純 X 線撮影中の患者の放射線の線量が減少し，臨床診療におけるこの変化が始まった。ただし，標準的な診療から全て患者の遮蔽具を排除することは，医療放射線被ばくに関連する公表されたリスクの広範なメディア報道のために，公衆や患者の間に存在する放射線恐怖症を悪化させる可能性がある。そのため，診療放射線技師の標準的な慣行として全ての患者の遮蔽を廃止することを検討する前に，患者への放射線の線量を大きく低減した最近の技術の進歩と，放射線の不可欠な役割について，患者と医療関係者に伝えることが不可欠である，としている。

III 遺伝性（的）影響

生殖腺遮蔽は，医療被ばくによる遺伝性（的）影響の可能性を最小限にするために 1950 年代から推奨されてきたが，NCRP Statement No. 13[1] で生殖腺遮蔽の廃止が勧告された要因のひとつは，遺伝性（的）影響のリスクが従来の推定よりはるかに低いと判断されたためである[1, 4]。

有性生殖における生殖細胞は，配偶子のことで，原始生殖細胞から卵子と精子までの一連の系列細胞を指す。体細胞とは，生殖細胞以外の全ての生体構成細胞である。遺伝物質とは，遺伝情報を担う核酸のことで，細胞核内の DNA や染色体を指す。遺伝物質の遺伝子突然変異や染色体異常に起因する影響は，生殖細胞の場合は子孫に伝わるが，体細胞の場合は遺伝的に子孫に伝わることはない。遺伝性影響（heritable/hereditary effect）は，生殖細胞の遺伝物質に生じた遺伝子突然変異や染色体異常により，子孫に伝わる継世代影響のことである。遺伝的影響（genetic effect）は，遺伝物質に遺伝子突然変異や染色体異常が生じることで，子孫に影響が伝わらない体細胞の遺伝物質への影響を含むため，遺伝性影響より広義である。NCRP Statement No. 13[1] で頻繁に使われた heritable genetic effect は，直訳すると遺伝性の遺伝的影響であるが，日本語版の作成にあたっては，遺伝性（的）影響と訳すことにした[4]。

ICRP[16] も NCRP[17, 18] も，遺伝性影響を確率的影響に分類し，その線量応答関係に直線しきい線量なし（linear-nonthreshold: LNT）モデルを採用している。確率的影響としての遺伝性影響は，単に遺伝子突然変異や染色体異常が被ばく者の子孫に生じることではなく，個体レベルでの継世代影響が生じることである。ICRP は，生殖腺（精巣と卵巣）の組織加重係数（w_T）を定めるにあたり，1977 年主勧告[19] では，被ばく者の子（第 1 世代）と孫（第 2 世代）に生じる遺伝性影響が考慮された。しかし，1980 年のブライトン声明[20] で，第 3 世代以降に生じる遺伝性影響に関する懸念が示されことを受けて，1990 年主勧告[21] では，被ばく者の子孫の全世代（未来永劫）に生じる遺伝性影響が考慮された。1990 年主勧告[21] では，人口構造，人口統計，医療施設などが何百年間も変化しないと仮定されているが，これは問題であるとともに，UNSCEAR の 2001 年報告書[22] と NAS の BEIR VII 報告書[23] の判断に従って，2007 年主勧告[16] では第 2 世代までに生じる遺伝性影響が考慮された。その結果，生殖腺の w_T は，1990 年主勧告[21] での 0.20 から 2007 年主勧告[16] での 0.08 に引き下げられた。w_T を判断するための損害（デトリメント）の算出にあたって考慮されている遺伝性影響は，重篤な遺伝性影響であって，反復 DNA 配列など，重篤な疾患につながらない塩基配列の変化は考慮されていない。2007 年主勧告[16] での遺伝

性影響のリスクは，1 Sv あたり全集団で 0.2%，成人で 0.1% で，この値は，UNSCEAR の 2001 年報告書[22] での値と一致している。なお，卵巣の w_T のうち，がんによる損害は，1977 年主勧告[19] では含まれていなかったが，1990 年主勧告[21] と 2007 年主勧告[16] では含まれている。

遺伝性（的）影響は，マウスとハエの実験では認められている。それに対して，ヒトでは，知見が第 1 世代か第 2 世代に限られているものの，統計学的に有意な遺伝性影響は認められていない。ヒトで遺伝性（的）影響が認められていない科学的根拠として，NCRP Statement No. 13[1] では，2006 年の BEIR VII 報告書[23] と原爆被ばく者の第 1 世代（被爆二世）に関する 1981 年の論文[24] を引用している。その後の原爆被ばく者での解析でも遺伝性影響は認められていないし[25]，2013 年の NCRP Report No. 174（胎内被ばくに関する報告書）[26] と 2018 年の NCRP Commentary No. 27（LNT モデルに関する報告書）[27, 28] でも，ヒトで遺伝性影響はないと結論づけられている。

原爆被ばく者の第 1 世代に生じる遺伝性影響に関する最新の知見は，2021 年に報告された[29]。第 1 世代における先天性形成異常と周産期死亡（死産と早期新生児死亡）の調査が 1948 年から 1954 年に実施され，1956 年から 1990 年までに有意な影響はないと報告されてきた[24, 30, 31]。最新の生殖腺線量情報と線量応答解析手法を用いて再解析をしたところ，先天性形成異常と周産期死亡のリスクが増加傾向であり，両親合計の生殖腺線量に対する周産期死亡（死産と出生後 14 日以内の新生児死亡）のリスクは有意な増加が認められたが，放射線以外の要因の調整が十分でないため，リスクの増加傾向を遺伝性影響と解釈はできず，今後の更なる解析が必要である。先天性形成異常と周産期死亡以外の遺伝性影響に関する最新の知見は，2013 年[32] と 2015 年[33] に報告された 1946 年 5 月から 1984 年の間に生まれた第 1 世代の解析結果である。2013 年論文[32] では，2006 年に 11,951 人の第 1 世代（平均 49.1 歳）を解析したところ，多因子性の非がん疾患（循環器疾患と糖尿病）と高コレステロール血症の有病率が増加していないことが報告された。2015 年論文[33] では，75,327 人の第 1 世代（平均 53.1 歳）を 2009 年まで追跡したところ，がんと非がん疾患の死亡リスクが増加していないことが報告された。しかし，60 歳をこえていた第 1 世代は，2013 年論文[32] では 1 名もおらず，2015 年論文[33] では 23% いるが最高齢が 63 歳である。第 1 世代での遺伝性影響のリスクを検討するには，疾病が完全に発現するまであと数十年の追跡が必要であり，追跡が継続されている。原爆被ばく者以外の最新の知見としては，1986 年のチェルノブイリ事故の作業者や避難者（累積生殖腺線量 365 mGy，最大 4,080 mGy）から 1987 年から 2002 年に生まれた 130 人の子ども（第 1 世代）において，生殖細胞系列に生じる新規遺伝子突然遺伝子変異を指標としたと遺伝性影響は認められないことが，2021 年に報告されたところである[34]。

ICRP は，2007 年主勧告[16] にて，第 2 世代までの遺伝性影響を仮定することについての不確実性を十分に認識しており，今後も調査を続けるとしている。ICRP は，2007 年主勧告以降，遺伝性（的）影響に関する報告書を刊行していないが，1929 年ころに刊行を予定している次期主勧告の検討に向けて，第 1 専門委員会傘下に遺伝性影響に関するタスクグループの設置を検討中である。UNSCEAR は 2001 年報告書以降，遺伝性影響に関する報告書を刊行していない。

IV　遮蔽・撮影に関する根拠となった論文の内容，現場対応に関する説明

NCRP が，腹部・骨盤部の単純 X 線撮影時における生殖腺遮蔽が放射線防護の慣例として正当化されないと勧告した根拠が，NCRP Statement No. 13[1] に 6 つ示されている。1 つ目は，これは第 III 章で述べたとおり，遺伝性（的）影響のリスクが，従来の推定より現在ははるかに低いと考えられている点である。本章では，残りの 5 つについて，その根拠となった論文の概要を紹介する。

まず 1950 年代からの技術改良によって，単純 X 線撮影による骨盤内臓器への吸収線量が最大 95% まで減少したという点である。JEUKENS ら[35] によると，骨盤部の単純正面 X 線撮影の際の後方散乱を含む入射空気カーマは，1896 年から 2018 年の間に約 400 分の 1 まで減少しており，それには装置や周辺機器に関する基準の設定や性能の向上などが線量低減に大きく寄与している。たとえば 1950 年代前半には，総濾過 2.5 mm アルミニウム当量未満の X 線ビームが広く用いられていたが[36]，これは使用する X 線ビームの中に低エネルギーの X 線が多く含まれていることを意味しており，単純 X 線撮影時の入射空気カーマが高くなる原因のひとつであった。しかし現在では，患者に必要以上の線量を与えずに意図した診断画像を得るために，一部の装置を除いて総濾過 2.5 mm アルミニウム当量以上の X 線ビームを用いることが規定されており[37]，それによって，患者に必要以上の線量を与えずに意図した診断画像を得ることが可能と

なっている。また，X 線発生装置および受像器の改良も線量低減に大きく寄与している。

次に，生殖腺遮蔽が AEC の使用に影響を及ぼすため，より放射線感受性が高いかもしれない他の腹部・骨盤部の臓器線量を増加させるという点である。AEC は任意の撮影部位に対して常に適正な X 線量になるように制御する装置であり，被写体透過後の X 線を検出し，適正な X 線量に達した時に X 線照射が停止するように制御している。透過 X 線を検出する検出器として，本邦ではホトタイマが多く使用されている。ホトタイマは検出用蛍光体の平均光量で動作するため，撮影部位に合わせた採光野を選択する必要があるが，生殖腺遮蔽具によって採光野の一部もしくは全体が覆われてしまうと，検出用蛍光体に到達する X 線量が少なくなってしまうことから，結果的に照射時間が長くなってしまい，撮影領域内にある他の臓器への X 線量が増加してしまうことになる。生殖腺遮蔽具によって AEC の採光野が覆われた場合，5 歳児ファントムでは管電流時間積が 1.58 倍，面積空気カーマ積算値で 1.63 倍，成人ファントムでは管電流時間積と面積空気カーマ積算値がともに 2.47 倍となり，その結果，生殖腺遮蔽具によって覆われていない腹部・骨盤部臓器の吸収線量が，5 歳児ファントムでは 21 ～ 51%，成人ファントムでは 17 ～ 100% 増加することが示されているが[38]，これは生殖腺遮蔽具によって AEC システムが照射時間を必要以上に長くしてしまい，総出力線量が増え，その結果として生殖腺遮蔽具によって遮蔽されていない照射野内臓器の線量が増えることを明確に示したものである。診療放射線技師が生殖腺遮蔽を施した上で撮影する際には，採光野の位置に生殖腺遮蔽具が重なっていないかどうか目視による確認は難しい。そのため，生殖腺遮蔽具と AEC を併用する際，線量の増加を確実に避けることは難しい。

次に，生殖腺遮蔽は骨盤部の解剖学的構造の一部を覆い隠し，X 線画像上の重要な所見を覆い隠す可能性があるという点である。生殖腺遮蔽具が適切に配置されていたとしても，覆い隠される部分に X 線画像上の重要な所見がある可能性は否定できないことから，生殖腺遮蔽具を配置することによるリスクについてもよく認識しておく必要がある。特に小児の場合は，体動によって生殖腺遮蔽具が配置から照射の間にずれてしまう可能性も考慮しなければならず[39]，生殖腺遮蔽具が X 線画像上の重要な所見を覆い隠す可能性はさらに高いといえる。

次に，遮蔽具の面積が限られていることと，患者の解剖学的構造の正常変異によって，生殖腺遮蔽は大多数の患者の生殖腺を完全には遮蔽できないことがある点である。女性の体内における卵巣の位置は，個人差がかなり大きいことが知られており，卵巣の位置は腸骨稜の上方 4 mm から下方 120 mm（平均 49.9 mm），上前腸骨棘から正中方向へ 8.8 ～ 106.6 mm（平均 48.9 mm）にわたるとの報告もあることから[40]，卵巣を生殖腺遮蔽具で確実に覆い隠すことは難しい。一方，男性の精巣は通常は陰嚢内に位置するため，より小さい生殖腺遮蔽具を比較的正確に精巣の位置に配置することが可能であるが，思春期前は精巣の位置が比較的高いこと，および停留精巣（精巣が陰嚢まで下りる過程で止まる異常），移動性精巣（精巣が陰嚢の中に入ったり陰嚢の外に出たりする異常）の男児が一定割合で存在することを加味すると，陰嚢位置に生殖腺遮蔽具を配置しても，必ずしも精巣自体を遮蔽できていない可能性がある点を見逃してはならない。

最後に，卵巣への生殖腺線量の大半は，生殖腺遮蔽によって減衰しない散乱 X 線によるものであるという点である。X 線ビームは，患者の体と相互作用を起こす前には一次 X 線のみで構成されているが，患者の体を通過するにつれて，減弱によって一次 X 線が減って，散乱 X 線が生じる。その結果，一次 X 線量に対する散乱 X 線量の比（scatter-to-primary ratio: SPR）は，体内の深い位置であるほど増加する。通常のビーム濾過の X 線の SPR は，成人ファントムの精巣で 0.68，卵巣で 1.47，5 歳児ファントムの精巣で 0.71，卵巣で 1.61，新生児ファントムの精巣で 0.52，卵巣で 0.92 との報告があり[41]，前述のとおり，体の深い位置にある卵巣の方が高い SPR となっている。SPR が高いということは，遮蔽されていない撮影範囲において発生した散乱 X 線がより多く生殖腺に到達することを意味しており，それは生殖腺の前面に配置した生殖腺遮蔽具では除去することができない。

このように，生殖腺遮蔽が放射線防護の慣例として正当化されないと勧告するに至った背景にはいくつかの科学的な根拠があるが，実際にはそれだけでは解決しない問題が存在しているため，これらの問題への対応策も同時に示していかなければ，単に医療現場の混乱を助長するだけになってしまう可能性がある。そこで NCRP は，Statement No. 13[1] の刊行に併せて，腹部・骨盤部単純 X 線撮影時の慣例的な生殖腺遮蔽の廃止に向けた適用ガイダンス[2] を公開している。このガイダンスは，生殖腺遮蔽の慣行変更に関するコミュニケーション戦略に焦点を当てたものとなっている。生殖腺遮蔽の廃止自体が科学的に正当な判断であったとしても，何の戦略や事前準備

も無く突然生殖腺遮蔽を廃止してしまっては，患者やその介護者，さらには医療従事者にすら受け入れられない可能性が高い。変更の根拠自体は理解できたとしても，感情的に受け入れる気にならないという場合も想定される。

医療現場で重要なことは，まず関与するすべての医療従事者に生殖腺遮蔽の慣行変更を納得してもらうことである。たとえば，ある診療放射線技師は生殖腺遮蔽を中止しているにも関わらず，他の診療放射線技師は生殖腺遮蔽を継続しているような場合には，往々にして生殖腺遮蔽を継続している側の対応が適切であると判断されがちであるため，生殖腺遮蔽の慣行を変更する際には，施設内の画像検査に関わるすべての医療従事者にその正当性を納得してもらった上で，施設内で一斉に変更されるべきである。その際には，生殖腺遮蔽の慣行変更に関する背景や状況も十分に提供すべきであり[2]，たとえば職能団体や学術団体がそのためのリソースを提供することは有効であろう。

次に重要なことは，患者や介護者との丁寧なコミュニケーションである。まず，患者や介護者に直接応対する診療放射線技師は，患者や介護者の懸念を見越しつつ，丁寧なコミュニケーションを行う必要がある。その際には，放射線リスクに関する誤解を生み出す心理的，社会学的，文化的な要因をよく理解しつつ，効果的なリスクコミュニケーションを行うことが極めて重要である[42]。それに加えて，患者や介護者が追加の疑問や懸念を抱いた際に，対応する診療放射線技師をサポートするための体制を構築しておくべきである。放射線科医をはじめとする他の医療従事者からのサポートも必要不可欠であり，決して慣行の変更に熱心に取り組んでいる一部の診療放射線技師を孤立させるというような状況を施設内で作ってしまってはならない。さらに，待合室や更衣室などに患者や介護者に向けた案内を掲示して，慣例変更に関する案内を行うことも有効であろう。NCRP は Statement No. 13[1] および適用ガイダンス[2] の発出に併せて，説明用の三つ折りパンフレット[3] を提供しているが，本邦においても本邦の実情に合わせた同様のパンフレットを職能団体や学術団体などが作成し，多くの医療現場に提供するとよいかもしれない。

生殖腺遮蔽自体は 1950 年代から続いてきた慣行であり，生殖腺遮蔽の廃止に関する科学的な正当性が示されたとしても，医療現場がその慣行を変更するプロセスは決して単純ではない。したがって，科学的根拠のみを提示して，あとの対応は現場任せにするというアプローチは決して推奨されるものではなく，さまざまな可能性を想定して，各医療施設や診療放射線技師をサポートする仕組みを構築していく必要がある。

V おわりに

本稿では，NCRP 声明の刊行に至るまでの米国関連諸団体での議論，遺伝性（的）影響・遮蔽・撮影に関する科学的根拠，ならびに現場対応に関して解説した。日本国内でも，患者への放射線遮蔽具の着用の是非について以前から議論されてきた[43]。しかし，その対応は，科学的な面だけでなく，患者への伝え方や心情への配慮も求められることから，施設によって異なっているのが現状である。（公社）日本放射線技術学会の放射線防護部会に「小児股関節撮影における生殖腺防護に関する検討班」が 2020 年 4 月に立ち上げられ，国内の小児股関節撮影における生殖腺防護の実態調査が進められている。本件は，腹部・骨盤部撮影に関連する整形外科，小児科，婦人科，放射線科といった診断をする医師，検査を実施する診療放射線技師, 検査の説明をする機会のある看護師, 検査を受ける患者や介護者など，多くの人が関わってくる。現状，日本での放射線診療における生殖腺防護においては，FDA の CFR のように具体的な方法を示したり法的拘束力を持つものはないが，特に放射線診療関係者はこのような声明が出されていることを把握しておくとともに，今後の関連学協会等の動向を注視する必要がある。

利益相反の開示

開示すべき利益相反状態はない。

参考文献

1) NCRP; NCRP recommendations for ending routine gonadal shielding during abdominal and pelvic radiography, NCRP Statement No. 13 (2021). Available at: https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/Statement13.pdf, Accessed 6 May 2021.
2) NCRP; Companion to Statement No. 13 ―Implementation guidance for ending routine gonadal shielding during abdominal and pelvic radiography (2021). Available at: https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/Stat13_Companion_Comm.pdf, Accessed 6 May 2021.
3) NCRP; NCRP gonadal shielding trifold flyer (2021). Available at: https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/PDFs/NCRP_Gonadal_Shielding_Trifold.pdf,

Accessed 6 May 2021.

4) N. HAMADA, T. FUJIBUCHI, J. ISHIKAWA, T. ITO, R. ETANI, et al.; Japanese translation of NCRP Statement No. 13 "NCRP recommendations for ending routine gonadal shielding during abdominal and pelvic radiography" and its accompanying documents, *Jpn. J. Health Phys.*, **56**, 80–93 (2021) (in Japanese).
5) N. HAMADA; The US National Council on Radiological Protection and Measurements (NCRP): structure, publications, recommendations, and recent activities, *Isotope News*, **760**, 50–53 (2018) (in Japanese).
6) NCRP; Draft Statement ―Statement on Routine Gonadal Shielding of Patients During Abdominal and Pelvic Radiography (2021). Available at: https://ncrponline.org/wp-content/themes/ncrp/Docs_in_Review/SC4-11_Council%20Review.pdf, Accessed 6 May 2021.
7) U. S. Food and Drug Administration; "Food and drugs; radiation protection recommendations; radiological health; recommendations for the use of specific area gonad shielding on patients during medical diagnostic x-ray procedures", (2019), U. S. Government Publishing Office. 21 CFR Part 1000. 50., Washington (DC).
8) American Association of Physicists in Medicine, AAPM position statement on the use of patient gonadal and fetal shielding. Available at: https://www.aapm.org/org/policies/details.asp?id=468&type=PP&current=true, Accessed 6 May 2021.
9) ACR-SPR practice parameter for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. Resolution 39 (2018).
10) R. M. MARSH and M. SILOSKY; Patient shielding in diagnostic imaging: discontinuing a legacy practice, *AJR Am. J. Roentgenol.*, **212**, 755–757 (2019).
11) L. YU, M. R. BRUESEWITZ, T. J. VRIEZE and C. H. MCCOLLOUGH; Lead shielding in pediatric chest CT: Effect of apron placement outside the scan volume on radiation dose reduction, *AJR Am. J. Roentgenol.*, **212**, 151–156 (2019).
12) K. J. STRAUSS, E. L. GINGOLD and D. P. FRUSH; Reconsidering the value of gonadal shielding during abdominal/pelvic radiography, *J. Am. Coll. Radiol.*, **14**, 1635–1636 (2017).
13) American College of Radiology, ACR endorses AAPM position on patient gonadal and fetal shielding. Available at: https://www.acr.org/Advocacy-and-Economics/Advocacy-News/Advocacy-News-Issues/In-the-June-8-2019-Issue/ACR-Endorses-AAPM-Position-on-Patient-Gonadal-and-Fetal-Shielding, Accessed 6 May 2021.
14) American Society of Radiologic Technologists; ASRT Board of Directors provides update on gonadal and fetal shielding position. Available at: https://www.asrt.org/main/news-publications/news/article/2019/07/02/asrt-board-of-directors-provides-update-on-gonadal-and-fetal-shielding-position, Accessed 6 May 2021.
15) American Society of Radiologic Technologists; ASRT update on gonadal and fetal shielding. Available at: https://www.asrt.org/main/news-publications/news/article/2021/01/15/asrt-update-on-gonadal-and-fetal-shielding, Accessed 6 May 2021.
16) ICRP; The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, *Ann. ICRP*, **37** (2–4) (2007).
17) NCRP; Management of exposure to ionizing radiation: radiation protection guidance for the United States (2018), NCRP Report No. 180 (2018).
18) N. HAMADA, D. A. COOL and K. R. KASE; Outline of NCRP Report No. 180 "Management of exposure to ionizing radiation: radiation protection guidance for the United States", *Jpn. J. Health Phys.*, **53**, 47–64 (2018) (in Japanese).
19) ICRP; Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, *Ann. ICRP*, **1** (3) (1977).
20) ICRP; Statement and recommendations of the International Commission on Radiological Protection from its 1980 meeting, *Br. J. Radiol.*, **53**, 816–818 (1980).
21) ICRP; The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, *Ann. ICRP*, **21** (1–3) (1991).
22) UNSCEAR; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Hereditary Effects of Radiation. 2001 Report to the General Assembly with Scientific Annex. United Nations, New York (2001).
23) NAS/NRC; Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2. Board on Radiation Effects Research. National Research Council of the National Academies, Washington, D. C. (2006).
24) W. J. SCHULL, M. OTAKE and J. V. NEEL; Genetic

effects of the atomic bombs: a reappraisal, *Science*, **213**, 1220–1227 (1981).

25) K. KAMIYA, K. OZASA, S. AKIBA, O. NIWA, K. KODAMA, et al.; Long-term effects of radiation exposure on health, *Lancet*, **386**, 469–478 (2015).

26) NCRP; Preconception and prenatal radiation exposure: health effects and protective guidance, NCRP Report No. 174 (2013).

27) NCRP; Implications of recent epidemiologic studies for the linear nonthreshold model and radiation protection, NCRP Commentary No. 27 (2018).

28) N. HAMADA, R. E. SHORE and L. T. DAUER; Outline of NCRP Commentary No. 27 "Implications of recent epidemiologic studies for the linear nonthreshold model and radiation protection", *Jpn. J. Health Phys.*, **53**, 47–64 (2018) (in Japanese).

29) M. YAMADA, K. FURUKAWA, Y. TATSUKAWA, K. MARUMO, S. FUNAMOTO, et al.; Congenital malformations and perinatal deaths among the children of atomic bomb survivors: a reappraisal, *Am. J. Epidemiol.*, in press (2021).

30) J. V. NEEL and W. J. SCHULL; Studies on the potential genetic effects of the atomic bombs, *Acta Genet. Stat. Med.*, **6**, 183–196 (1956).

31) M. OTAKE, W. J. SCHULL and J. V. NEEL; Congenital malformations, stillbirths, and early mortality among the children of atomic bomb survivors: a reanalysis, *Radiat. Res.*, **122**, 1–11 (1990).

32) Y. TATSUKAWA, J. B. COLOGNE, W. L. HSU, M. YAMADA, W. OHISHI, et al.; Radiation risk of individual multifactorial diseases in offspring of the atomic-bomb survivors: a clinical health study, *J. Radiol. Prot.*, **33**, 281–293 (2013).

33) E. J. GRANT, K. FURUKAWA, R. SAKATA, H. SUGIYAMA, A. SADAKANE, et al.; Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up: a cohort study, *Lancet Oncol*., **16**, 1316–1323 (2015).

34) M. YEAGER, M. J. MACHIELA, P. KOTHIYAL, M. DEAN, C. BODELON, et al.; Lack of transgenerational effects of ionizing radiation exposure from the Chernobyl accident, *Science*, **372**, 725–729 (2021).

35) C. R. L. P. N. JEUKENS, G. KÜTTERER, P. J. KICKEN, M. J. FRANTZEN, J. M. A. VAN ENGELSHOVEN, J. E. WILDBERGER and G. J. KEMERINK; Gonad shielding in pelvic radiography: modern optimised X-ray systems might allow its discontinuation, *Insights Imaging*, **11**, 15 (2020).

36) R. W. STANFORD and J. VANCE; The quantity of radiation received by the reproductive organs of patients during routine diagnostic x-ray examinations, *Br. J. Radiol.*, **28**, 266–273 (1955).

37) "Medical electrical equipment -Part 2-54: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for radiography and radioscopy", Japanese Standards Association, Tokyo (2017).

38) S. L. KAPLAN, D. MAGILL, M. A. FELICE, R. XIAO, S. ALI and X. ZHU; Female gonadal shielding with automatic exposure control increases radiation risks, *Pediatr. Radiol*., **48**, 227–234 (2018).

39) S. L. FAWCETT and S. J. BRTER; The use of gonad shielding in paediatric hip and pelvis radiographs, *Br. J. Radiol.*, **82**, 363–370 (2009).

40) D. M. E. BARDO, M. BLACK, K. SCHENK and M. F. ZARITZKY; Location of the ovaries in girls from newborn to 18 years of age: reconsidering ovarian shielding. *Pediatr. Radiol.*, **39**, 253–259 (2009).

41) E. SOMASUNDARAM, S. L. BRADY and K. J. STRAUSS; Achievable dose reductions with gonadal shielding for children and adults during abdominal/pelvic radiographic examinations: a Monte Carlo simulation, *Med. Phys*., **47**, 5514–5522 (2020).

42) V. T. COVELLO; Risk communication, radiation, and radiological emergencies: strategies, tools, and techniques, *Health Phys*., **101**, 511–530 (2011).

43) R. KAWABE, M. NAKATA, S. SUZUKI, T. FUJIBUCHI, T SAGAMI, et al.; Discussion "Is it necessary to attach a protective apron to the patient in the X-ray diagnosis?", *Jpn. J. Radiol. Technol.*, **60**, 1630–1643 (2004) (in Japanese).

藤淵　俊王（ふじぶち　としおう）
2013 年度より現所属（教授）。専門は医療放射線防護。（一社）日本保健物理学会の理事，コミュニケーション委員会委員長，「生殖腺防護に関する NCRP 声明」翻訳ワーキンググループ幹事など現任。
E-mail: fujibuchi.toshioh.294@m.kyushu-u.ac.jp

松原　孝祐（まつばら　こうすけ）
2008 年度より現所属（教授）。専門は医療放射線防護。（一社）日本保健物理学会の企画委員，「生殖腺防護に関する NCRP 声明」翻訳ワーキンググループ委員など現任。
E-mail: matsuk@mhs.mp.kanazawa-u.ac.jp

浜田　信行（はまだ　のぶゆき）
2010 年度より現所属（上席研究員）。専門は放射線影響。ICRP TG102・TG111・TG119 委員，NCRP PAC 1 委員，OECD/NEA/CRPPH/HLG-LDR/RAD-CHEM AOP TG 委員，カナダ宇宙健康影響 AOP プロジェクト諮問委員会委員，（一社）日本保健物理学会の企画委員会副委員長，「生殖腺防護に関する NCRP 声明」翻訳ワーキンググループ委員長など現任。
E-mail: hamada-n@criepi.denken.or.jp