



Photo Eriko Kanazawa

Index

グリーンサステナブル社会を支える 中性子照射シリコン半導体技術……………	西澤 伸一	1
タスクシフト/シェアのためのガイドライン集のあらまし ー 今までの道のり&これからへの期待 ー ……………	市田 隆雄	6
〔コラム〕 72th Column 【標準治療のススメ】……………	中川 恵一	11
バングラデシュの家屋における自然放射線被ばくに関する現状調査 ……………	エムディ・マハムドゥル・ハサン／飯本 武志	12
メール認証実施のお知らせ……………		17
FBNews 新編集委員のご紹介 ……………		17
「FBNews」総合目次 その52 (No.565～576) ……………		18
〔サービス部門からのお願い〕 ご使用者の変更をFAXで依頼したいとき ……………		19

グリーンサステナブル社会を支える 中性子照射シリコン半導体技術



西澤 伸一*

1. はじめに

世界的に急増するエネルギー需要と、グリーンサステナブル社会の両立は緊急課題である。国連SDGsにおいてもエネルギー問題の解決は主要目標の一つに掲げられている。日本でも、2050年カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略（2020）において、電化および電力のグリーン化を重要技術開発の一つと定めている。エネルギー需要に占める電力の増加は著しく、すでに先進諸国や中国でのe-モビリティ、Society 5.0・DX社会（IoT、AI、ネットワークコネク社会）など、電化・エレクトロニクス化を推進するメガトレンドの勢いは増すばかりである。また、開発途上国をはじめエネルギーの電力転換、および電力エネルギーのグリーン化の動きはめざましい。太陽光発電や風力発電に代表される再生可能エネルギー発電および自律分散型送配電システムの効率的運用、および電力の有効利用には、次世代パワーデバイスとパワーエレクトロニクスの新たな視点での技術開発が急務になっている。電力需要急増に対し、パワーエレクトロニクスを軸とした直流送電／電力グリッド（送配電網およびシステム）など、新しいエレクトロニクスの技術開発を進めることは、環境対策、産業競争力および経済安全保障などの視点から非常に重要である。

ここでは、これら電気エネルギーに関連した社会インフラシステムを根底で支えている中性子照射シリコン半導体技術（NTD：Neutron Transmutation Dopingシリコン技術）について、その重要性とともに、現在の状況、今後の動向について紹介する。

2. 社会インフラシステムを支えるパワー半導体

社会を支える半導体には、CPU（中央演算処理装置）やLSI（大規模集積回路）、メモリーなど、デジタル社会を支える半導体、カメラなどに利用されているCMOSイメージセンサー（相補性金属酸化膜半導体固体撮像素子）、そしてインバータなどに利用されているパワー半導体などがある。パワー半導体は、電車や電気自動車、電気機器など、電気によって動くあらゆるものに搭載されており、電気エネルギーを必要な電圧・電流・周波数などに変換する役割を担っている。また、図1に示すように、発電所から高圧基幹配電網などを経てユーザである工場、家庭へ届く電気エネルギー、電車（地上電気系統基地を含む）・電気自動車・電動航空機などの輸送系、大型工場設備など、電力エネルギー流全体をつかさどる役目も担っている。また、図2に示すように、電圧領域に応じて様々なパワー半導体が用いられている。ここで、

* Shin-ichi NISHIZAWA 九州大学 応用力学研究所 教授

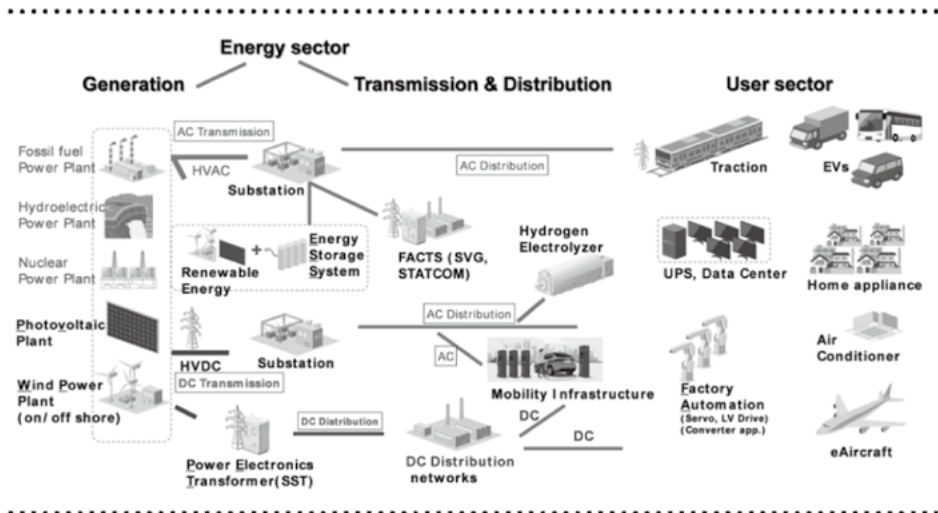


図1 Energy Wise Society (IEC White Paper Figure 1 - 2 から抜粋)

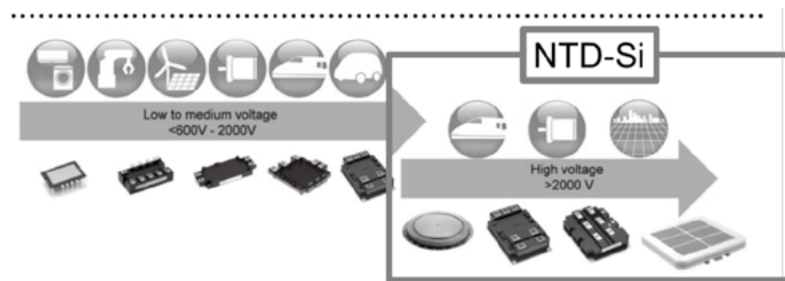


図2 耐圧領域・応用に応じたパワー半導体 (IEC White Paper Figure 1 - 4 から抜粋)

特に電力基幹系統、鉄道や大型産業機器などの大電力半導体には、すべてNTDシリコンが用いられている。

3. 大電力パワー半導体の市場動向と需給ギャップ

図3に、大電力パワー半導体の一例としてIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor: 絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) の市場動向を示す。図3は、2017年実績および2017年時点での2018~21年の市場予測、2023年実績、および年成長率を記している。電力ガ

リッドや電車・大型産業機器など、社会インフラシステムは予測に従って確実に成長を続けており、今後のグリーンサステナブル社会実現に向けた大電力半導体産業の継続的成長、需要拡大が予想される。一方で、NTDシリコンの製造量は、中性子照射設備容量に律速されており、図4にその動向を示す。2020年時点

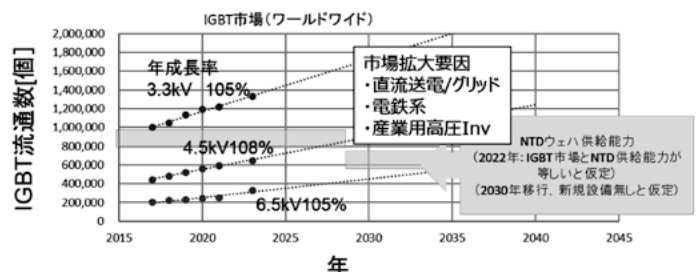


図3 高耐圧IGBTの市場動向

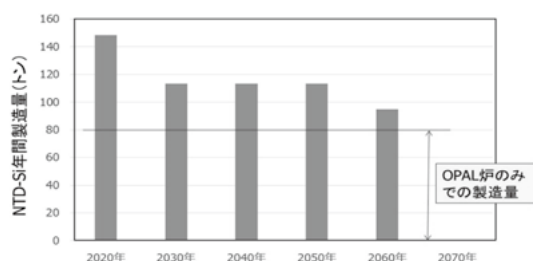


図4 NTDシリコン製造量の動向

で、およそ年間150トンが製造されており、その半分をOPAL（ANSTO：オーストラリア原子力科学技術機構の研究用原子炉）が担っている。現在稼働している中性子照射設備は稼働年数が長く、耐用年数に近づいているものも多い。また古い照射設備はNTDシリコン産業技術の進展に対応できないのもでてきており、年間製造・供給量は減少予測となっている。今日の時点で、すでにNTDシリコンの需給バランスは拮抗している状況であり、改善が急務になっている。

4. 中性子照射シリコン半導体技術

シリコン半導体は、図5に示すように、主にCZ法（Czochralski法）とFZ法（Floating Zone法）により製造されている。CZ法は大口径ウェハ作製に長けており、CPU、LSI、メモリーなど、主にデジタル半導体に用いられている。石英るつぽを用いてシリコンを溶融させるため、石英からの酸素混入が避けら



図5 シリコン半導体製造技術の概要

れず、混入した酸素がパワー半導体動作に悪影響を及ぼすことが指摘されてきた。FZ法はるつぽを用いず、空間でシリコンを溶融・再結晶化させるため、純度が高く、古くからパワー半導体用に用いられてきた。

ところで、パワー半導体用シリコンは、応用・電圧等に対応して、抵抗率を厳密に制御管理する必要がある。そのため、究極の抵抗率制御技術として、特に社会インフラを支える高電圧・大電流を制御する大電力パワー半導体には、中性子照射を利用したNTDシリコンが用いられている。図6に中性子照射設備の一例、および図7にNTDシリコン製造原理の概要を示す。図7において、 n は中性子、 γ は γ 線、 β は β 線の放出を表す。シリコン単結晶中には、安定な ^{28}Si が92.2%存在し、同時に、同位体として ^{30}Si が3.1%均一に含まれている。この ^{30}Si に中性子を照射することで放射性同位体 ^{31}Si を形成し、2.62時間の半減期を経て安定な ^{31}P （リン）に変換する。一般に、FZ法により作製したシリコンを円柱状に加工、中性子照射することで、シリコン円柱全体にわたってPが均一にドーピングさ

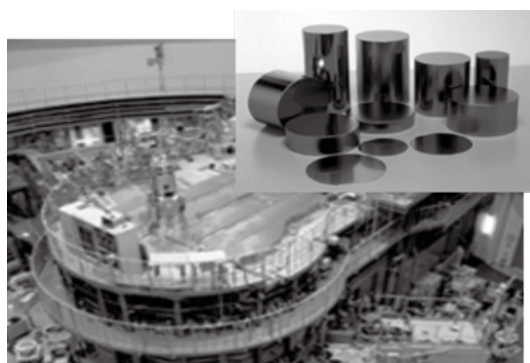


図6 中性子照射設備(JRR-3)およびNTDシリコン

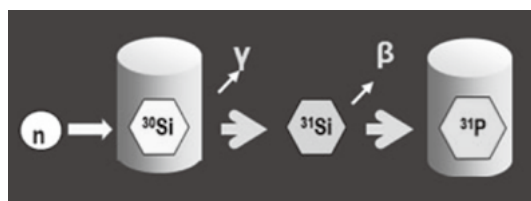


図7 NTDシリコンの製造原理

れ、結晶全体にわたって、均一な抵抗率を得ることができる。大電力パワー半導体に要求される抵抗率均一性において、NTDシリコン技術は今日の究極の半導体製造技術である。

5. 中性子照射設備とNTDシリコン品質

中性子照射設備は、大きく重水炉と軽水炉の2つに分けることができる。重水炉と軽水炉の主な違いは、減速材に使用する物質（重水炉では重水（ D_2O ）、軽水炉では軽水（ H_2O ））である。減速材は中性子の速度を遅くし、減速した中性子、すなわち熱中性子により ^{30}Si を ^{31}Si に変換する。一方、減速しない中性子は高速中性子と呼ばれ、照射時にシリコン結晶内部に結晶欠陥を誘発する。例えば、結晶格子からシリコン原子をはじきだし空孔を生じる空孔型欠陥生成、シリコン原子が格子間に移動した格子間原子型欠陥などがある。これらの結晶欠陥は、中性子照射後に熱処理を行うことで回復させることができるが、その熱処理時間は結晶欠陥量と相関があり、結晶欠陥が多いと熱処理時間が長くなる。熱中性子束と高速中性子束の比はCd比と定義され、減速材の他にも照射炉構造などに依存し、各照射設備によって異なるCd比を呈するが、一般に、重水炉では数100～数1,000、軽水炉では数10である。NTDシリコンには、結晶欠陥を避ける観点から、熱中性子束の多い重水炉が適していると言える。

6. 中性子照射シリコンを取り巻く国内外の動向

国内外での研究炉を用いた中性子照射は、(1)中性子照射による放射線損傷、放射化分析、放射性同位元素（RI）の製造、そして中性子照射シリコンの製造、などの中性子照射を目的とする利用と、(2)中性子散乱、中性子によるイメージング、中性子捕捉療法（BNCT）

など中性子ビームの利用に分けられる。これらの中で、放射性同位元素および中性子照射シリコンは、研究を超えて、人々の命、社会活動を支える産業応用としてとらえられている。国内においては、日本学術会議から「研究と産業に不可欠な中性子の供給と研究用原子炉の在り方（2018年8月）」としてまとめられている。

国際原子力機関（International Atomic Energy Agency：以下IAEA）においても、中性子照射炉利用について、継続的にまとめ、報告を行っている。NTDシリコンについてはIAEA-TECDOC-1681:Neutron Transmutation Doping of Silicon at Research Reactors(2012)に原理・世界各国の照射設備の状況などが報告されている。この報告書には18機関の研究炉がシリコン中性子照射炉として紹介されている。研究炉は、利用期間が長くなるにともない寿命を迎え、廃炉、停止となるものもあり、2012年には18機関がリストアップされていたが、現在は10機関に満たない状況である。一方で、前述の通り、電力化を突き進む社会においては、その根底を支えるNTDシリコンの需要は世界で急増しており、需給バランスが崩れ、グリーンサステナブル社会の実現に向けて世界規模で大きな危機に直面している。IAEAは、この状況を打破する取り組みとして、2024年8月にIAEA-NTD-Si Alliance 4 Net Zero活動を開始した。ここでは、中性子照射シリコンを、「原子力・中性子照射技術が人の命・生活、社会活動を支える平和利用の最たる実施例」として取り上げ、グリーンサステナブル社会実現に向けて、中性子照射シリコン製造を実施中の研究炉（休止中炉を含む）、および建設中の研究炉など、9機関の照射炉設備、およびシリコン材料、アカデミアを招集し、NTDシリコン技術の現状と今後の活動について議論を開始した。世界各国の照射炉設備が、技術・運用の両面で連携することが重要であり、前述のTECDOC-1681の改定、およびグリー

ンサステナブル社会実現に向けて研究炉アライアンス設立活動を行うことが決定された。また、アライアンス活動は、研究照射炉の集合体にとどまるのではなく、今後はシリコン半導体材料、およびNTDシリコンを用いたパワー半導体、パワーエレクトロニクスや電力系統・電鉄などの応用を含め、NTDシリコンサプライチェーン全体の活動へ拡張していくことが望ましいと付言された。

7. まとめ

2022年9月から(株)千代田テクノが事務局を務め「高耐圧パワー半導体を支えるNTDシリコン事業の今後のあり方研究会」が進められている。ここでは、シリコン半導体ウェハ、パワーデバイス、パワーエレクトロニクスなどの産業界、およびアカデミアが集まり、日本における中性子照射シリコン産業の半導体戦略上および経済安全保障上の重要性を明確にし、今後の継続的発展のためのロードマップを策定すべく、調査・検討が行われている。この活動を通して行われたOPAL/ANSTO、FRM-II(ミュンヘン工科大学中性子照射機関)などへの海外調査が、前述のIAEA-NTD-Si Alliance 4 Net Zero活動のきっかけになっている。図8に日欧韓豪などのNTDシリコンサプライチェーンの代表的機関を示した。日本は、世界の中でも、シリコンパワー半導体の強力なサプライチェーンを有しているが、産業用中性子照射設備を有しておらず、海外設備に極端に依存してきている。また、海外設備も運転が不安定であるがゆえに、多くの制約の中でNTDシリコンおよびパワーデバイス・パワーエレクトロニクス産業を維持しているのが現在の状況である。本報で紹介している通り、今後、世界的に電力系社会インフ

Country	Wafers	Irradiation facility	Services	Power electronics
Japan	SEH SUMCO GWJ		Mitsubishi Toshiba Hitachi	TMEIC
EU	Siltronic Topsil	FRM-II	Infineon ABB	SIMENS ABB
Korea	SK Siltron	HANARO KJRR		
Australia		ANSTO		
US				SIMENS ABB
others		Argentina		

図8 NTDシリコンサプライチェーン

ラシステムNTDシリコンの需要が増加していく中で、いかに需給バランスを維持、拡張していくが大きな課題であり、もはや個社ビジネスでは対応できないところにきている。照射炉設備を持たない日本は、海外連携によりサプライチェーンを補完し、将来的には国内産業炉も視野に、グリーンサステナブル社会実現に向けた活動、産業を発展させることが必要である。

参考資料

1. 研究と産業に不可欠な中性子の供給と研究用原子炉の在り方 (2018年8月日本学術会議)
2. IAEA-TECDOC-1681: Neutron Transmutation Doping of Silicon at Research Reactors (2012)
3. IEC White Paper: Power-Semiconductors-Energy-Wise-Society (2023)

著者プロフィール

1989年早稲田大学理工学部応用化学科卒業。
1994年早稲田大学大学院理工学研究科応用化学専攻修了、博士(工学)。博士課程在学中に微小重力下での輸送現象に取り組み、航空機・落下棟・小型ロケットなどを利用した微小重力実験を実施。その後、1996年6月通商産業省工業技術院電子技術総合研究所、2001年4月行政改革により独立行政法人産業技術総合研究所を経て、2017年2月より九州大学応用力学研究所教授。一貫して、次世代パワーエレクトロニクスの創造を目指して、パワー半導体結晶成長技術、パワーデバイスプロセス技術、およびパワーエレクトロニクス応用技術に関する研究に従事してきている。

タスクシフト/シェアのための ガイドライン集のあらまし

ー 今までの道のり&これからへの期待 ー



市田 隆雄*

はじめに

2024年3月に日本診療放射線技師会（JART）のホームページを通じて『放射線科医から診療放射線技師へのタスクシフト/シェアのためのガイドライン集』（以下、ガイドライン集）が公開された¹⁾。CT（Computed Tomography：コンピューター断層撮影）造影検査、MRI（Magnetic Resonance Imaging：磁気共鳴画像法）造影検査、血管造影・IVR（Interventional Radiology：画像下治療）、核医学検査、STAT（ラテン語Statimが語源。直ちにの意）画像所見報告、画像誘導放射線治療の6分野でおおの深掘りの検討がされて、同年2月16日付けで発行されたものである（図1）。

3月5日にJARTからガイドライン集の公開

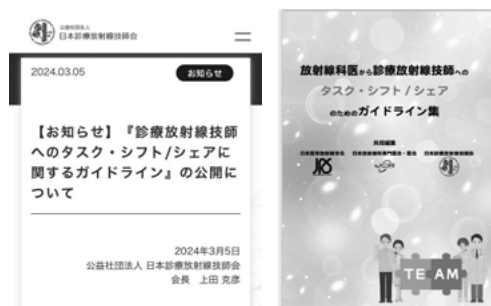


図1

筆者は、この中の2分野で関係があったことから、本稿ではガイドライン集の公開に至るまでの背景、および辿った経緯等をご紹介して、現在の放射線医療の業界におけるガイドライン集の位置づけを探ってみたい。なお、関係した分野は、業務拡大で変わる血管造影・IVRを安全に行うため

の診療放射線技師のための手引き、と、生命予後にかかわる緊急性の高い疾患の画像（STAT画像）所見報告ガイドライン、である。正式な用語を使用すべきであるが、以下、本稿での読み易さを優先して前者をIVRガイドライン、後者をSTATガイドラインと略することをご容認いただきたい。

1. 背景

筆者独自の理解であるが、壮大な事案であった本件はさまざまな事項が重なり合い、深い検討がされたと回想する。時間を長く要したが、放射線科医をはじめとする造詣深い関係者の力強いサポートでガイドライン集公開までの道筋を辿れた。一つの大きな事案を成すことの重要性と意義が本件を介して読み取れるので、その細かな経過を明らかにしておく。

1-1 診療放射線技師業界における背景

われわれ診療放射線技師（以下、技師）の業務内容は法令等に記されているが、その業務は医師の指示下でX線写真を撮影するのみが謳われ、考える行為は含まれていなかったと思われる。それに大きな変化を与えたのが2010年の医政発0430第1号医政局長通知であったと筆者は考えている。技師において、①画像診断における読影の補助を行うこと、②放射線検査等に関する説明・相談を行うこと、の2点が、実施できる業務の具体例として挙げられた。

これは厚生労働省医政局の『チーム医療の推進に関する検討会』で審議された結論で、通知の表題は「医療スタッフの協働・連携によるチーム医療の推進について」であった。その基本的な考え

* Takao ICHIDA 日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構（JAPIR）理事長／日本診療放射線技師会 元STAT画像報告分科会委員／大阪公立大学医学部附属病院 中央放射線部

方として「各医療スタッフの専門性を十分に活用して、患者・家族とともに質の高い医療を実現するためには、各医療スタッフがチームとして目的と情報を共有した上で、医師等による包括的指示を活用し、各医療スタッフの専門性に積極的に委ねるとともに、医療スタッフ間の連携・補完をいっそう進めることが重要である」と示されている。

そして、これを受けて、同年JARTでは読影の補助分科会を立ち上げ（初動は読影促進委員会）、筆者は初動より委員として参加した。その後の2021年、STAT画像報告分科会（現在はSTAT画像報告委員会）と名称を変更し、筆者は引き続き委員を務めたが、若手世代に引き継いでの今日である。

1-2 放射線科医（ここではIVR医）との円滑な連携下の背景

筆者は30年以上の日本インターベンショナルラジオロジー学会（JSIR、日本IVR学会）での活動下、〃三位一体のIVR、として医師・看護師・技師の連携が大切であるという教育をIVR医から受けてきた。2001年の第30回日本IVR学会総会（岡崎正敏会長；福岡大学、2002-2008年IVR学会理事長）ではシンポジウムの演者を託され、タイトルは「三位一体のIVRでの技師技量、であった²⁾。1990年代に岡崎先生、坂本力先生（公立甲賀病院）と出会い、教えを授かったお蔭だが、その後の2010年の第39回日本IVR学会総会（古井滋会長；帝京大学）でも、より安全で効率的なIVR施行のため「実践三位一体、とのタイトルでシンポジウムが組まれて筆者も登壇した。

IVRに関わる全国の技師が、個々で努力を払ってIVR医と円滑な連携下で臨床現場に役立つべく根拠を有する技術提供をしていた^{3, 4)}。JRC2018では放射線量の最適化について、ICRP委員長

Claire Cousins先生（英国のIVR医）が招聘されたシンポジウムに筆者も同席して論じた（図2）。

ところで、IVR医はすべて画像診断医である。筆者は常に放射線科医との意見交換（各種指示を仰ぐ）をしてCT・MRI等の業務をしていた。そのような梗概が前項の医政局長通知0430第1号に包含されたと考えた。事実、日本放射線技術学会（JSRT）では80年を超える長きにわたり、最適な画像構築のために技術および技量を研鑽させ、より良い放射線医療のための活動をしてきている。その一つひとつが行政から評価を受けたと考え、医政局長通知に明記されたと信じた。

IVR医との長年にわたる良好な連携のもと、2017年には「IVR手技施行に関する診療体制について^{クリニカルクエスト}の提言」が発出され、その中のC Q 12には技師における「撮影時の患者説明、医師への報告と治療戦略の共有、が明記されている⁵⁾。今回のガイドライン集が発行される以前から、IVRでは類似する行為がされていた訳である。

1-3 総括としての背景

法令改正にともなう業務範囲に追加された行為に関しては、厚生労働大臣が指定する研修（告示研修）を受ける必要があり、JARTでは2014年の診療放射線技師法一部改正に対応させ、2015年から業務拡大に伴う統一講習会を実施してきた。なお、現在では2014年改正の内容は既に修得済みと考え、告示研修が行われている。2021年の診療放射線技師法改正では大きな業務拡大が行われた。医師のタスクシフト/シェアであるからして、日本医学放射線学会（JRS）の全面的な協力を得ての告示研修である。

このタスクシフト/シェアが適切に実施されるべく、一例として厚労科研・小坂班がJRC2023で安全な実施のための冊子配布をしていた。ただ実施状況は把握できておらず、そのような現状を適切に誘導するのが今回のガイドライン集であろう。JRSが中心となり、関係医学会の協力を得て発行されたガイドライン集が、道標として技師に示されたのが現在である。この熟した機運を掴めるか否かは、技師個々の努力次第と思われる。全国の技師におかれては、個々でさまざまな努力を重ねて研鑽されてきたことと察する。2010年から積み

JRC2018でICRP委員長とのシンポジウム



図 2



図 3

上げてきた努力を是非とも大きく花咲かせて欲しいと筆者は願っている（図 3）。

話題を変えるが、医療技術職についての総称はかつて『パラメディカル』と呼ばれていた。ただ医療を補助（補強や側面との意）するという考え方に違和感が唱えられ、1982年に阿部正和先生（東京慈恵医科大学）の提唱で、協力や共同を意味する接頭語の“co-”を用いた『コ・メディカル』と称することが始まった。その後2000年頃からは、チーム医療の考え方にて医師、患者、家族も含めた『メディカルスタッフ』と言われる時代になっている。こうした時代の潮流に、業務拡大の動きがまさに被る印象を覚える。ガイドライン集を活用して、如何に技師の能力を示していくかは、おのおのの掌に託されたと読み取っている。

2. IVRガイドラインについて

既述の背景下、JRSからIVR学会にIVRガイドラインの検討依頼があり、そのIVR学会から日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構（JAPIR）に相談が寄せられた。そこでJAPIRで新しく組成された業務調査検討委員会が中心となって具体的な案を試作した。

JAPIRは、統一的基準に基づき血管造影とインターベンションに携わる専門性の高い技師の認定を行っている第三者機関である⁶⁾。技師の専門的知識と技術を高めて、最新の医療技術に応じた支援体制を図るとともに、安全管理と放射線防護の最適化に努めている。組成されて17年目を迎え、現在1,100名弱の専門技師を輩出している。

その専門技師の実情を把握しているのも、現在のIVR現場で担える技量を想定して案の策定にあ

たった。作成途中の案をIVR学会に提示して、複数回にわたって相互団体で揉む作業も図った。そして、最終的に合意したガイドライン（案）がIVR学会からJRSに提出されたのが2023年半ばとなる。その後円滑にJRSの承認を得たが、当時複数のガイドラインが検討されていたので、すべてを纏めて公開する方針に沿い翌年の発行時期を待つことになった。

2-1 JAPIRでのアンケート調査

JAPIRの業務調査検討委員会の下『血管撮影室における診療放射線技師の業務に関するアンケート』を実施した。2022年9月29日～10月31日を調査期間として、調査対象は専門技師の所属する528施設で、49%にあたる261施設からの回答を得た。詳しくはJAPIRホームページにてご確認ください⁶⁾。このように実態を把握しながら案の検討を重ねたことを書き添える。

2-2 ガイドラインのポイント

『通常業務』と『タスクシフト/シェアに伴い技師が施行可能となった業務』が明確化されたことがポイントである。それまで曖昧であった双方の境界、つまり過大ないしは過小解釈されていたかもしれない業務の仕分けができたことに意義が認められる。以下に『タスクシフト/シェアに伴い技師が施行可能となった業務』を挙げるが、詳しくはJARTホームページのガイドライン集にてご確認ください¹⁾。

- ①清潔区域に立入るための清潔確保
- ②アンギオキット*の展開
*カテーテル検査・治療に必要な医療材料を組み合わせたセット
- ③カテーテルやガイドワイヤー等の器材の準備
- ④清潔なアンギオドレープの展開
- ⑤自動注入装置の使用準備
- ⑥穿刺用超音波装置の準備
- ⑦自動注入装置を用いた血管内への造影剤投与
- ⑧カテーテルやガイドワイヤー等の器材を術者へ手渡しする行為
- ⑨医師の操作を容易にするため、カテーテルやガイドワイヤー等の器材を保持する行為
- ⑩医師が抜去したカテーテルやガイドワイヤー等の器材を清潔トレイ内に格納する行為
- ⑪清潔トレイ内に格納されたカテーテルやガイドワイヤー等の器材を使用できるべく準備する行為
- ⑫検査・治療に必要なIVUS、OCT、FFRなどの器材の準備と術者である医師がそれらの操作を容易にするために器材を保持する行為

⑬清潔操作によるCアーム*角度の設定

*形状がアルファベットのCに似たデジタルX線透視撮影装置

⑭清潔操作によるパニング*の実施

*照射視野を平行移動させること。パン操作

⑮清潔操作での透視、撮影の実施

⑯清潔操作を行っている医師の放射線防護の実践

⑰清潔操作でのアンギオキット、カテーテルやガイドワイヤー等の片付け

2-3 実施にあたっての注意事項

具体的な実施には、各施設の体制や状況、医師との信頼関係を踏まえつつ、他の関連職種との協力、連携、補完が重要である。技師のみの考察や判断でできるものでないことに十分な注意をいただきたい。仮に2021年の医政発0930第16号医政局長通知「現行制度の下で実施可能な範囲におけるタスク・シフト/シェアの推進について」に則り、すでに臨床での適応を開始している場合は、IVRガイドラインに明記している各種要件を満たしているかを速やかに検証いただきたい。所属施設の総意を形成しながら、IVRガイドラインを遵守していただくことが必要である。IVR学会からの「IVR手技施行に関する診療体制についての提言」にも各種事項が記されているのでご参照いただきたい⁵⁾。なお、この提言について、IVR学会ではガイドラインにすべく検討が始まっていることを併せてご紹介しておく。

3. STATガイドライン

筆者は2010年から読影の補助分科会委員を務め、その後のSTAT画像報告分科会（現在のSTAT画像報告委員会）委員を務めてきたが、現在は退任しているので知り得る範囲での概要、期待している観点を記載したい。

2021年から読影の補助分科会自体の新生が検討されていたとの心象をもつ。実は同年からJRS、日本放射線科専門医会・医会（JCR）、JART、JSRTは放射線診療4団体連絡協議会（筆者は事務局立場）を組成して、All Japan Radiologyとしての活動を開始している。その成果の一例として、2023年には第31回日本医学会総会で合同展示事業を展開しており（図4）、現在では小児股関節X線撮影での放射線防護を除する活動も同様に臨んでいる。この協議会は2020年から4団体間の相互理解を深めたこと

第31回日本医学会総会での合同事業



図4

で産声を上げたが、読影の補助分科会にも同時期に良好な影響を届けていたことを観察していた。

STATガイドラインは、JRSの助言と支援を得ることで、JARTとして大枠での再編の判断をした。結果、2022年に分科会の名称を改名し、緊急性の高い疾患の画像所見を医師に報告することが喫緊の課題と表明されて、技師への適切な教育体制の付与もJRSとJARTの連携で見出すことができた。

このガイドラインの構築にあたっての初動として、JRSから50を超える所見報告の提案を受けていた。大きな期待は有難いことだが、全国一律での実施には難しいことから疾患数を減らすことを要望し、現在の12所見がSTAT画像所見に定められた。筆者はその50を超える所見報告の提案に驚くとともに、放射線科医からの強い期待に感激した。

3-1 ガイドラインのポイント

IVRガイドラインと同様で、曖昧であった建付けが明確化されたことがポイントである。定義、目的、使用上の留意点、報告する際の推奨項目、報告体制、教育体制、等が明らかにされた。以下に12の診療放射線技師が発見した場合に報告すべきSTAT画像所見を挙げるが、詳しくはJARTホームページのガイドライン集にてご確認ください¹⁾。

- ①肋間腔開大、縦隔の健側への偏位を伴う気胸（胸部単純X線写真）
- ②腹腔内 free air（胸部単純X線写真）
- ③腹腔内 free air（腹部単純X線写真）
- ④頭蓋内出血（CT）
- ⑤脳の腫瘍（CT）
- ⑥肋間腔開大、縦隔の偏位を伴う気胸（CT）
- ⑦腹腔内 free air（CT）
- ⑧腸管のair-fluid level形成・腸管拡張（CT）
- ⑨腹部の出血（CT）
- ⑩上行大動脈、下行大動脈、腹部大動脈瘤（CT）
- ⑪拡散強調画像での異常高信号域（MRI）
- ⑫脳外の異常信号域（MRI）

3-2 実施にあたっての注意事項

背景で述べたように初動は2010年の読影の補助から始まっている。既に所属施設で読影の補助として適応している場合、この機会に先ずはSTATガイドラインの運用をご参照いただき、所属施設の現状と照らして欲しい。JRS・JCR・JARTが連帯したSTAT画像所見報告について習熟していただきたい。そして、所属施設の総意での合意を得つつ、最適な取り組みをお願いしたい。

まとめ

放射線医療を提供しているのは、放射線科医による診断・治療であり、その放射線科医の指示下の技師による各種の画像情報がその診断・治療に利用されている。

これら専門職の進むべき方向性の舵取りは、放射線科医の場合はJRS・JCRであり、技師の場合はJART・JSRTである。ところで、これら4団体は、国民に良質な放射線医療を提供することと、各団体の会員の利益になることを主眼として連携を推し進めることに合意している。冒頭でご説明したが、より良い放射線医療を目指して4団体が一致団結して連携している(図5)。ガイドライン集の初頭の挨拶文でも、JRS理事長からガイドライン完成にあたって「4団体による協議会を繰り返し行い相互の信頼関係を深めてきたこと」「今回のガイドラインが新たな協力関係の成果として位置づけられること」が述べられている。チーム医療としての放射線医療の明るい未来を感じることができる。

本稿ではJRS・JCR・JARTによるガイドライン集に焦点を合わせた。より良い放射線医療を提供

する術として、国民の健康と福祉のために、このガイドライン集が広く活用されることに強い期待を寄せる。そして、それが全国の技師にとっていっそう活躍できる術になることも信じている。

最後に、この場を借りて、ガイドライン集の発行に多大なるご協力、ご尽力を賜った放射線科医をはじめとする多くの関係者の皆さまに、全国の技師の一人として深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 青木茂樹, 山田恵, 上田克彦, 他: 放射線科医から診療放射線技師へのタスク・シフト/シェアのためのガイドライン集. 日本医学放射線学会 日本放射線科専門医会・医会 日本診療放射線技師会 共同編集, (2024).
- 2) 市田隆雄, 工藤弘明, 水口和夫, 他: 三位一体のIVR-最善のIVRのための私達の思考-. 日IVR誌16(4), 321-332, (2001).
- 3) 市田隆雄: 教育講座-技師が書く技師のための読影講座- 腹部血管撮影業務に役立つための“読影技術”. 日放技学誌, 64(3), 363-375, (2008).
- 4) 市田隆雄: 教育講座-EBM手法に基づく放射線技術-, 血管撮影のEvidence Based Medicine (EBM) を考えてみる, 日放技学誌 61(3), 335-343, (2005).
- 5) 米虫敦, 市田隆雄, 井上政則, 他: IVR手技施行に関する診療体制についての提言. 日本IVR学会編, (2017).
- 6) 一般社団法人 日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構 (Japan Professional Accreditation Board of Radiological Technologist for Angiography and Intervention: JAPIR), homepage URL (ivr-rt.kenkyuukai.jp/special/?id=18148).

著者プロフィール

1984年大阪大学医療技術短期大学部卒、同年に大阪市立大学医学部附属病院入職。2013年大阪市立大学医学部附属病院診療放射線技師長。2022年大阪公立大学医学部附属病院へ名称変更、同職。世界初としての、FPD DSAシステム・2 room式IVR-CTシステム・3 room式IVR-CTシステム・IVRナビゲーションシステム・IVR室における平面型観察モニタ、等の新規開発に従事。及び定位放射線治療精度管理システムソフトウェアの製品開発(エレクトラ株式会社)に従事。日本放射線技術学会副代表理事。日本血管撮影・インターベンション専門診療放射線技師認定機構理事長。全国公立大学病院放射線業務連絡協議会代表。医療放射線防護連絡協議会理事。医用画像情報学会・MII理事。全国循環器撮影研究会会長。

放射線診療4団体連絡協議会としての連携



図5



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

標準治療のススメ

がんの治療では、「標準治療」を受けることが何より大切です。「標準」というネーミングは誤解を与え、「ふつうの治療」「並みの治療」のように聞こえるかもしれません。しかし、現時点での「最善・最良の治療」のことです。

がんの治療費は高いというイメージもあるようです。たしかに100万円を超える手術や抗がん剤は珍しくありません。しかし、受けるべき標準治療のほとんどで、健康保険が使えますから、自己負担は原則3割になります。

また、保険が適用される治療では、自己負担の上限を定める「高額療養費制度」が使えます。たとえば、中位所得者の場合、医療費が100万円かかったとしても、87,430円ですむ計算です。

さて、これも誤解されやすいのですが、最新の治療が最も優れた治療だとは限りません。新しい治療は、その効果や副作用などを調べる「臨床試験」で評価され、現時点での標準治療と比べて同等以上の効果が証明されれば、標準治療に組み込まれます。

厚生労働省が定める「先進医療」制度は、新しい医療技術について、保険給付の対象とすべきかどうかについて評価を行うものです。

8月1日時点で、77件の医療技術が先進医療にノミネートされています。評価の結果、公的医療保険の対象となったり、対象から外れたりしますから、先進医療のリストは常に変動します。

先進医療は保険医療へ昇格できるかどうかの評価段階のものですから、保険が利かず、自費での支払となります。

放射線治療の分野では、水素の原子核を加速して照射する陽子線治療や炭素原子核を使う重粒子線治療（粒子線治療と総称）の一部が先進医療として行われています。

費用はおよそ300万円と高額で、だれでも受けられる治療ではありません。

ただし、自己負担が高額となるのは、優れた治療だからではなく、公的保険の適用に値すると国が評価していないためです。

もともと、粒子線治療はすべて先進治療として行われていました。しかし、2016年に初めて、小児がんに対する陽子線治療、骨軟部腫瘍に対する重粒子線治療が保険に組み込まれました。

2018年には前立腺がんへの粒子線治療も保険の対応となり、今年6月には早期の肺がんについても保険が認められました。

食道がんや腎臓がんなどへの粒子線治療は保険で認められていませんから先進医療のままです。しかし、今や、多くの臓器のがんで保険が利くようになっており、先進医療の対応となるがんは少数派になっています。

たとえば、前立腺がんの粒子線治療が先進医療から保険に移行すると、高額療養費制度の対象となるため、自己負担額は約300万円から数十万と、大きく減ることになります。同じ粒子線治療でも去年と今年で費用が違ってくるのです。

先進医療は国が保険給付を検討している医療技術ですから、一定の実績を持っています。しかし、先進医療以外の自由診療は国も評価の対象としていないものですから、原則、近づいてはいけません。エセ医療、サギ医療的な治療も多く、費用も医療機関側の言い値になりますから、莫大な金額となることもめずらしくありません。

先進医療は、健康保険法で位置付けられています。自由診療を取り締まる法律は事実上存在しないことも問題です。

わが国では、実績のある医療は検査でも治療でも公金が投入されるため、安価になります。「安かろう悪かろう」ではなく、「良いから安くなる」ということです。

バングラデシュの家屋における 自然放射線被ばくに関する現状調査

エムディ・マハムドウル・ハサン*1／飯本 武志*2

1. はじめに

私たちの身のまわりには、どこでも必ず自然の放射線や放射性物質が存在しています。私たちはいろいろな場面で放射線を受ける可能性があります。日常的に受ける放射線被ばくの、実に8割が人工的な放射線ではなく、自然界に由来しているといわれています¹⁾。人体への放射線被ばくの影響の大小を表すには、たとえば「ミリシーベルト (mSv)」という単位を用います。このシーベルトという被ばくの単位系によれば、放射線の種類や強さ、被ばくする身体の部位などをいっさい考慮することなく、がんの罹患リスクの大小を一種の指標として総合的に数値表現できる点に便利さがあります。たとえば、大気中に自然に存在する放射性気体のラドンとその仲間を呼吸で肺に吸い込むことによって、私たちは日常的に内部被ばくすることが知られています。その量は図1に示すとおり、私たちが自然の放射線から受ける被ばく全体の約半分を占めています。その他、大地の中に太古から存在している自然の物質が発出する放射線による外部被ばくが全体の約20%、また、太陽を含む銀河の星々からも放射線が地球まで飛来してきますが、地球の周囲をとり巻く大気層が

一種の遮へい材となってその多くは弱まってしまうものの、私たちが宇宙放射線によって受ける外部被ばくの量としては、全体の約15%を占めるといわれています。残りについては、自然起源のカリウムやポロニウムなどを、食品を通じて体内に摂取することで内部被ばくすることが主な原因であるといわれています。

これらのデータは、国連科学委員会 (UNSCEAR) に各国から報告された公式情報に基づく、世界の平均的、代表的な状況を示しています。一方、本稿筆頭著者の母国バングラデシュでは、最近、土壌や砂地から比較的に濃度の高い自然の放射性物質が見つかり、そのデータが公表されました。バングラデシュ政府がそのいくつかの地域を高自然放射線地域 (HRBA : High Radiation Background Area) の可能性があるとして認識したことから、国民の自然放射線による誘発がんのリスクに対する関心が高まりつつあります²⁾。このことと直接に関係があるかどうかは現時点では多くの疑問と議論があるものの、事実としてはバングラデシュでは近隣諸国と比較して肺がんの発生率がきわめて高く、屋内空気中の自然のラドンがそのリスク因子のひとつになっているかもしれない、との説があります。これまでに公表されているデータの質や量は決して十分なものではありませんが、バングラデシュ家屋の平均的なラドンの濃度は、世界平均の約3倍にもなっているとの報告もあります³⁾。私たちは、そのようなバングラデシュの国民がまさに直面している、日常生活に直結した放射線環境をもっと精緻に調査して、ラドンによる内部被ばくと、関連する外部被ばくの状況を実測で明らかにすることを目指しました。また、バングラデシュ特有の

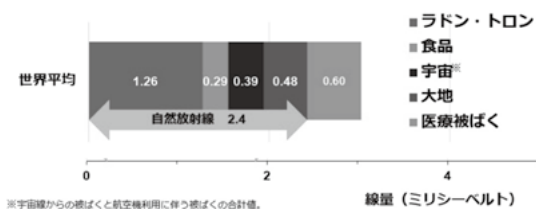


図1 日常的に受ける放射線被ばく
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/current/02-05-03.html>

*1 Md. Mahamudul Hasan 東京大学 環境安全本部

*2 Takeshi IIMOTO

家屋構造や住民のライフスタイルにも着目して、実データに基づいて、調査対象家屋での自然被ばくの量を評価することになりました。

2. バングラデシュの特徴

バングラデシュの正式和名は「バングラデシュ人民共和国」。南アジアに位置するイスラム圏国家で、北と東西の三方はインド、南東部ではミャンマーと国境を接し、南はインド洋の一部であるベンガル湾に面しています。首都はダッカで人口は約1億7千万人、都市国家を除くと世界で最も人口密度が高い国です。バングラデシュの国旗(図2-1)は緑色の背景色に赤丸が描かれた図象、日の丸にとっても良く似ています。日の丸の赤丸は中央ですが、バングラデシュ国旗では赤丸を中央から

やや旗竿寄りに描きます。デザインの由来として「赤は昇る太陽、緑は豊かな大地」「豊かな自然を表す緑の地に、独立のために流した血を示す赤い丸を組み合わせた」といった説があります。初代大統領ムジブル・ラフマン



图 2-1

バングラデシュの国旗



図 2-2 バングラデシュの自然放射線による外部被ばくの量

の娘であるシェイク・ハシナ前首相が、「私の父は日本の日の丸を参考にした」と証言したことも、もしかしたら日本では知られており、親近感があるかもしれません。

前述のとおり、バングラデシュの自然放射線のレベルは他の多くのアジア諸国に比べて高めであることが知られていました。図2-2は、バングラデシュの自然放射線による外部被ばくの量を μSv^{-1} (毎時マイクロシーベルト。マイクロはミリの1,000分の1を表します) で表現したものです。ほぼすべての地域で、日本での被ばく量 ($0.04 \mu\text{Sv}^{-1}$ 程度) よりもはるかに高くなっていることが読みとれます。バングラデシュ国内のふたつの地域(ランプールとコックスバザール)が自然放射線のレベルが高い地域(HRBA)として特定された背景から、その真偽についてはより精緻な議論が必要であることは確かですが、自然放射線によってがんのリスクが上昇する可能性が示唆されたこととなります。実際、世界保健機関(WHO)は、バングラデシュ国民の肺がん率が高いこと、また、すべてのがん疾患の中で死亡率が第2位、新規症例数で第4位であることを報告していることから、バングラデシュの自然放射線の特徴と、肺がんリスクの上昇を何らかのかたちで短絡的に結び付けるような文脈があっても不思議ではない状況にはあります。もちろん現時点では、それらの間に直接的な関係があるとの科学的な証拠はありませんが、放射線環境学的にも、放射線影響学的にも、メカニズムを解明すべきとの観点から、とても興味深い状況にあることは確かです。

バングラデシュの地質は特徴的で、代表的な自然放射性物質のラジウム(^{226}Ra)とトリウム(^{232}Th)をととても多く含んでいます(それぞれ世界平均の約4倍、約6倍)^{2, 4)}。これらはバングラデシュ家屋の建材にも多く含まれることになり、結果として国民にとって屋内での放射線被ばくの原因のひとつになっています。

3. 現地家屋での自然放射線に関する調査の概要

本稿では、家屋内の空気に含まれるラドンの濃度と、建物下の大地や建材等からの放射線被ばくの量の、主に2点に着目します。現地家屋での自

然放射線に関する調査として、著者らは首都ダッカとHRBA北部のランプール（図2-2）のふたつの地域で、約1年間の測定を実施しました。読者の皆様に、調査の対象となったバングラデシュの300軒の特徴的な家屋のイメージをもつていただくために、ここでは6種類の特徴的な写真を図3に示しました。具体的には「近代的な家屋」「多層的な家屋」「伝統的な複合家屋」「泥壁家屋」「土壁家屋」「レンガ造り家屋」になります。



図3 調査の対象となったバングラデシュの300軒の特徴的な家屋のイメージ

家屋内の空気に含まれるラドンの濃度の測定（内部被ばくに関連）については、実は学術的な重要な視点があります。自然界のラドンには、厳密には半減期の長いラドン（ラジウムの子孫である ^{222}Rn ）と半減期の短いラドン（トリウムの子孫である ^{220}Rn 、通称トロン）等があるのですが、これまでのバングラデシュの公表データでは後者をきちんと評価できていないことが知られていました。今回は、図4-1に示すラドン-トロン検出器RADUET（Radosys製）を図5のように天井や壁から吊るし、空気中に存在するラドンとトロンの濃度を別々に評価することにしました。図4-1の左右2つの容器の中に、放射線の存在を記録する小さなプラスチック素子が入っています。上側のキャップが閉じられた後、右側の容器の中に家屋内の空気が側面の穴から侵入します。左側の容器の側面には穴がありませんが、キャップと本体の間のわずかな隙間から家屋内の空気がゆっくりと浸み入ります。このふたつの容器の設計上の相違から、半減期の異なるラドンとトロンをうまく分離測定できるわけです。

建物下の大地や建材等からの放射線被ばくの量

（外部被ばくに関連）の測定には、図4-2のRPL線量計（ガラス線量計、株式会社千代田テクノル製）を用いました。前述のRADUETとRPL線量計は一組で扱われ、全期間にわたって結合した状態で、同一位置での測定を約1年間継続しました。著者らの調査目的は、対象家屋における放射線被ばくの量を評価することですが、環境パラメータや居住者のライフスタイルの変化は、家屋内ラドン濃度の変動や外部被ばくの量にも影響を与える可能性があるため、季節の変化にも留意しました。その観点では、図4-2のD-シャトル（株式会社千代田テクノル製）は長期間にわたる外部放射線の被ばく量について時間変動分析を可能にする良好な計測器であり、これを利用してバングラデシュ

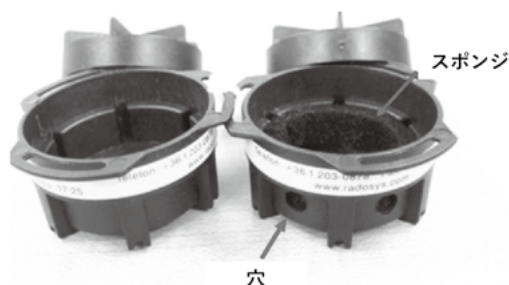


図4-1 ラドン濃度測定用 RADUET (Radosys社製)



図4-2 ガンマ線量計
(左)D-シャトル (右)RPL線量計(千代田テクノル社製)

<https://www.c-technol.co.jp/product/d-shuttle/>
<https://www.c-technol.co.jp/glassbadgesite/>



図5 実際の現場における各測定器の特徴的かつ代表的な設置例

の代表的な家屋における外部被ばく量の時間変動を記録しました。実際の現場における各測定器の特徴的かつ代表的な設置例を図5に示します。

4. 調査結果の概要と考察

今回の調査で得られた著者らによる結果と既報の研究成果の情報を組み合わせて、バングラデシュのラドン濃度に関する情報（内部被ばく）を表1のように整理しました。バングラデシュの首都ダッカ市における今回の著者らのラドン濃度の値は、従前の報告値よりも低めの傾向となりました。おそらく最近都心部を中心に導入が進んでいる空調等の利用状況や住人のライフスタイルの変化が、特に近代的な家屋や高層家屋を中心として換気率の向上等をもたらし、結果的に土壌や建材等から供給されるラドンが家屋内に蓄積しにくい状況を産んだものと想像できます。また、過去の測定では、ラドン濃度とトリロン濃度を区別して測定していなかった経緯から、過去のラドンのデータには一部のトリロンが加算された状態となり、結果として真のラドン濃度よりも大きな値になってしまった可能性も現時点では否定できません。WHOは一般家屋のラドン被ばくを適切に管理するための容認可能な濃度として、 100Bqm^{-3} を推奨していますが、ランプールのHRBA地域のいくつかの家屋では、このWHOの推奨値よりも高いラドン濃度が観測されました。また、著者らが公表したバングラデシュ家屋でのトリロン濃度のデータは学術的には初めての公開情報として評価されていますが、農村部の家屋、特に泥壁を中心とした建材形態の例で非常に高い濃度が確認されることが注目に値します。

調査対象家屋での日常的な呼吸による内部被ばくの評価に、ラドンのデータと、今回新たに確認されたトリロンのデータの両方を使うと、より正確で精緻な議論が可能となります。著者らが得た結果を

用いて、国際的な勧告書に記述された評価手順に基づいて^{5, 6)}内部被ばくの量 (mSvy^{-1}) を算出すると、ランプール地域の家屋では、泥壁家屋の内部被ばく量が最も高くなり（ラドン： 1.53mSvy^{-1} ；トリロン： 5.11mSvy^{-1} ）、ラドンよりもトリロンのほうが3～4倍の被ばく量となり、全体の傾向としてもダッカ地域よりも大きな被ばくになっている状況が明らかになりました。

建物下の大地や建材等からの放射線被ばくの量（外部被ばく）については、ランプール地域で泥壁家屋のガンマ線量率が $0.3\mu\text{Svh}^{-1}$ 程度となり、他の農村部よりも高い傾向にあることがわかりました。家屋内と外の放射線被ばくの量の比は1.1から1.3となり、ランプール地域では家屋内が一般的に高く、建材または家屋内の空気が主たる放射線源であることが示唆されました。ダッカ市の家屋に着目すると、いずれの形態の家屋でも年間の放射線被ばくの量（ガンマ線量率）が約 $0.3\mu\text{Svh}^{-1}$ 程度と高く、自然の放射性物質を比較的多く含む建材が使用されている可能性が示唆されています。一方、D-シヤトルによる月別の年測定では短い冬季（2月頃）に放射線被ばく量が大きく、それ以外の季節は低く一定になっている季節変動も明確に確認されています。これはとても興味深い結果で、著者らは今回調査した家屋住人のライフスタイルにも着目してみました。近代的な集合家屋や伝統的な多層家屋は主に都市部で見られます。泥壁や土壁、煉瓦づくりは農村部に多い家屋形態です。そのうち泥壁家屋が最も代表的な農村部の構造になりますが、壁厚の違いから建物としての堅牢さに差があり、場合によっては換気率に変化を与えているかもしれません。分厚い土壁の住居に多くの自然放射性物質が含まれており、一般的には家屋内の換気が悪いいため、屋内空気のラドン濃度が上昇し、居住者が大きな放射線被ばく（内部被ばく）を受けている可能性があるでしょう。バングラデシュでは、泥壁の形態でなくても伝統的には家屋内の換気率が比較的小さい傾向にあること

ことや、国民が壁や床に身体を密着させて寝る習慣があるなどの特徴があり、このことが国民の自然放射線被ばくリスクをさらに上昇させている可能性があるだろうと筆者らは考えています。

表1 バングラデシュのラドンとトリロンの家屋内濃度の例

地域	ラドン濃度 (Bqm^{-3})	トリロン濃度 (Bqm^{-3})	参考
全国	3～2,616	—	既存データ
ダッカ	37～170	—	既存データ
	3～20	7～56	本調査
ランプール	6～135	8～1,686	本調査

5. おわりに

今回本稿でご紹介した筆者らによるバングラデシュでの家屋約300軒の現地調査に基づく主な結論は、以下のようにまとめることができます。

(1) 家屋内の空気に含まれるラドンの濃度（内部被ばくに関連）：バングラデシュの状況としては、これまではラドンの被ばくが大きいと信じられてきましたが、実はそれは短い半減期のラドン（ ^{220}Rn 、トロン）が正確に測定できていなかったことから、一部の解釈に誤りがあることが示唆されました。一般的な傾向として、泥壁家屋では、ラドン等の被ばくの量が大きくなる可能性が高いことは事実です。しかし、ラドン（ ^{222}Rn ）とトロンをしっかりと分別して測定したところ、ラドン（ ^{222}Rn ）の問題はそれほど大きくはなく、むしろ今まで上手に測定できなかったゆえに、あまり注目されてこなかったトロンの濃度がきわめて高く、被ばくの観点ではより注意を要することが判明しました。バングラデシュでは、家屋の建材の種類や個人の生活習慣にばらつきが大きいことも特徴のひとつに挙げられ、国民線量の評価値には想像以上に大きな誤差がありそうです。

(2) 建物下の大地や建材等からの放射線被ばくの量（外部被ばくに関連）：バングラデシュ国内のいずれの形態の家屋でも年間の放射線被ばくの量（ガンマ線量率）は近隣諸国よりも高い傾向が見られ、自然の放射性物質を比較的多く含む建材が使用されている可能性が示唆されました。また、D-シャトルの利用で被ばく量の季節変動も明確になり、家屋内の換気率の変動がガンマ線量率の変化と相関性が高い傾向が見られたことから、建材等に固定されている固体の自然放射線源のみならず、空間的な移動を伴う屋内空気中のラドン等の濃度変動も外部被ばく線量の変動傾向にある程度の寄与があることが示唆されました。

ここで紹介した内容は、筆頭著者による東京大学大学院新領域創成科学研究科 学位論文(博士(環境学))「Discussion on Spatiotemporal Behavior of Indoor Radon, Thoron and Gamma Radiation in Bangladesh and Its Association with Population Exposure (バングラデシュにおける室内ラドン・

トロン及びガンマ線の時空間的挙動とその住民被ばくとの関連性に関する考察) 2024年3月学位授与」から一部を抜粋し、平易に書き直したものになります。特に同国のトロンに関する新しいデータと知見は公衆衛生学的にも価値が高く、今後国連科学委員会等の報告書で扱われるなど、国際社会での大きな貢献が期待されています。また、同国の伝統的な住居環境ではラドン濃度がWHO等の勧告する放射線防護上の基準値を大きく超えている事例も確認され、学位論文ではそのメカニズムにも言及していることから、同国政府による環境介入の可否の議論に資する基礎的な知見も提供していると評されました。本調査研究の遂行にあたり、特にRPL線量計（ガラス線量計）とD-シャトルの貸与、及び関連のデータ読み取り等について多大なるご支援とご協力をいただいた株式会社千代田テクノに、ここに記して心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) UNSCEAR. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2013 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Volume II, Scientific Annex B, Effects of radiation exposure of children. vol. I (2008).
- 2) Hasan, Md. M., Janik, M., Pervin, S. & Iimoto, T. Preliminary Population Exposure to Indoor Radon and Thoron in Dhaka City, Bangladesh. Atmosphere (Basel) 14, 1067 (2023).
- 3) Janik, M., Bossew, P., Hasan, Md. M. & Cinelli, G. Indoor Radon Research in the Asia-Pacific Region. Atmosphere (Basel) 14, 948 (2023).
- 4) Hamid, B. N., Alam, M. N., Chowdhury, M. I. & Islam, M. N. Study of Natural Radionuclide Concentrations in an Area of Elevated Radiation Background in the Northern Districts of Bangladesh. Radiat Prot Dosimetry 98, 227-230 (2002).
- 5) UNSCEAR. Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2006 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes – Volume II. https://www.unscear.org/docs/publications/2006/UNSCEAR_2006_Annex-E-CORR.pdf (2006).
- 6) Chen, J. A Review of Radon Exposure in Non-uranium Mines—Estimation of Potential Radon Exposure in Canadian Mines. Health Phys 124, 244-256 (2023).

メール認証実施のお知らせ

平素よりガラスバッジWebサービスをご利用いただき、誠にありがとうございます。この度、2025年2月3日(月)より、メール認証の機能をリリースいたしますのでお知らせいたします。

■ メール認証とは

メール認証とは、Webで登録されたメールアドレスがお客様本人のメールアドレスであることを確認するための仕組みです。詳しくは下記「メール認証 (①、②の場合) (③の場合)」をご覧ください。

■ 導入の目的

- ・ ガラスバッジWebサービスのセキュリティを強化し、不正利用のリスクを減少させるため。
- ・ 誤ったメールアドレスの登録によって発生する「ログインできない」などの問題を減少させるため。

■ 認証が求められるケース

- ①弊社Webサイトからガラスバッジサービスを新規にお申込みされる場合
- ②弊社WebサイトからガラスバッジWebサービスのご利用申込みをされる場合
- ③ガラスバッジWebサービスで新規にご使用先(グループ)を作成され、かつ登録されたメールアドレスがご利用中でない場合

■ メール認証 (①、②の場合)

- ・ 登録されたメールアドレス宛に確認コードが送信され、同時に確認コード確認画面が開きます。
- ・ 受信トレイを確認してください。
- ・ 確認コード確認画面で受信した確認コードを入力してください。
- ・ 「確認する」ボタンを押すとメール認証が完了します。

■ メール認証 (③の場合)

- ・ 登録されたメールアドレス宛に確認用URLと確認コードが送信されます。
- ・ 受信トレイを確認してください。
- ・ URLをクリックすると確認コード確認画面が開きます。
- ・ 確認コード入力画面で受信した確認コードを入力してください。
- ・ 「確認する」ボタンを押すとメール認証が完了します。

FBNews 編集委員のご紹介



田谷 玲子 (たや れいこ)

この度FBNews編集委員を拝命いたしました、線量計測営業課の田谷玲子と申します。入社以来、線量計測事業に携わってきました。その経験を活かし、より多くのお客様に有益な情報をお届けできるよう活動してまいります。どうぞよろしくお願いいたします。



堀口亜由美 (ほりぐち あゆみ)

この度、FBNews編集委員を担当させていただくことになりました業務部の堀口亜由美と申します。

入社以来、RI施設の保守業務や作業環境測定を実施する部署に従事してまいりました。これまでの経験と知識を活かし、読者の皆様に有益で興味深い情報を提供できるよう努めてまいります。よろしくお願いいたします。



松本 和樹 (まつもと かずき)

メディカル営業支援課の松本和樹と申します。

放射線治療分野における医療機器の販売、企画、薬機、および各種業に関わる申請業務を担当しています。

読者の皆様に興味を持っていただける話題選定、誌面づくりを心掛けていきたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。



村山賢太郎 (むらやま けんたろう)

この度、FBNews編集委員を拝命いたしました、線量計測営業課 東京事務所の村山と申します。東京事務所では関東甲信越のガラスバッジのお客様を担当しております。

お客様の放射線管理のお役に立てる情報を発信できればと思っています。よろしくお願いいたします。

「FBNews」総合目次 その52 (No.565～576)

2024 1.1 No.565		
迎春のごあいさつ……………井上 任	1	
大熊分析・研究センターの施設整備状況と課題……………徳森 律朗／鍛冶 直也／土田 佳裕	2	
〔施設訪問記⑨〕		
－ 次世代放射光施設 Nano Terasuの巻－……………	7	
〔コラム〕 61th Column 【日本人の起源とがん】……………中川 恵一	13	
大学生を対象としたCMOS論理回路の実習例について……………高橋 浩之	14	
「環境線量測定サービス規約」改定のお知らせ……………	19	
〔サービス部門からのお願い〕		
測定依頼票のご記入のお願い……………	20	
2024 2.1 No.566		
加速器ベースBNCTにおける中性子ビームのリアルタイム		
モニタリングシステムの開発……………高田 真志	1	
地層処分における安全確保の考え方について……………上野 吹佳／石田 圭輔	6	
〔コラム〕 62th Column		
「カロリー制限で長寿」……………中川 恵一	11	
一般社団法人日本電気協会規格		
「放射線モニタリング指針（JEA6406）」の改定について……………松永 光正／西村 僚太	12	
〔放射能・放射線単位の由来〕		
第5回 シーベルトsievert：Sv……………高橋 正	17	
返信用封筒の確実な封じご協力をお願いします……………	18	
〔サービス部門からのお願い〕		
「ご使用者変更連絡票」の「処理区分」をご記入ください！！……………	19	
2024 3.1 No.567		
OMOTENASHI探査機より届いた		
「D-Space」からの深宇宙線量情報……………永松 愛子	1	
ICRP2023（第7回放射線防護体系に		
関する国際シンポジウム）開催報告……………神田 玲子／川口 勇生	6	
〔コラム〕 63th Column		
「YouTubeでがん情報」……………中川 恵一	11	
ラディエーションモニタリングセンター青森測定ライン複線化の紹介……………	12	
〔書評〕		
「逆引きDICOM Book」「逆引きDICOM Book Plus」……………鈴木 真人	17	
〔サービス部門からのお願い〕		
ご使用者の変更連絡は早めに……………	19	
2024 4.1 No.568		
放射線治療の現場で使用する		
シンチレーション式線量分布測定器の開発と実用化……………太田 岳史	1	
〔コラム〕 64th Column 【筋トレのススメ】……………中川 恵一	9	
労災疾病臨床研究における医療機関を対象とした		
職業被ばく低減対策プログラムの開発……………藤瀬 俊王	10	
放射線安全技術講習会		
第67回第2種放射線取扱主任者試験		
受験対策セミナー・開催のお知らせ……………	15	
「2024国際医用画像総合展」のご案内……………	16	
放射線管理ご担当を引き継がれた方へ		
ガラスバッジWebサービスのご案内……………	17	
〔サービス部門からのお願い〕		
4月1日はガラスバッジ、ガラスリング、DOSIRISの交換日です。……………	19	
2024 5.1 No.569		
医療被ばくの最適化の重要性……………北村 秀秋	1	
医療現場における放射線業務従事者の被ばく管理に思うこと……………佐藤 兼也／前田 紀子／田邊ともみ	6	
〔コラム〕 65th Column 【小腸がん】……………中川 恵一	11	
〔学生応援企画〕		
薬物動態解析によるホウ素中性子捕捉療法の高効率化……………今野 皓太	12	
〔放射能・放射線単位の由来〕		
第6回 クーロンcoulomb：C……………高橋 正	17	
<編集委員会からのお知らせ>		
掲載希望記事募集のご案内……………	18	
〔サービス部門からのお願い〕		
払込取扱票がATMで使用できなかったら…ご確認ください！……………	19	
2024 6.1 No.570		
加速器を用いた放射線線量計の校正について……………清水 森人	1	
大学の放射線施設管理者目線で原子力災害時対策を考える……………松田 尚樹	6	
〔コラム〕 66th Column		
【福島第一原子力発電所の事故から13年】……………中川 恵一	11	
令和6年度 放射線取扱主任者試験施行要領……………	12	
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………	13	
フリーダイヤルのご案内……………	13	
ガラスバッジWebサービスのご案内……………	14	
〔サービス部門からのお願い〕		
測定依頼票が見当たらないときは…？……………	19	
2024 7.1 No.571		
一般送配電事業者が抱える電力需給運用の課題について……………赤間 康平	1	
外部放射線治療分野における		
線量標準機関の取り組みについて……………清水 森人	6	
〔コラム〕 67th Column 【原子力発電所再稼働を】……………中川 恵一	11	
幻想に終焉はあるのか？……………多田順一郎	12	
2024国際医用画像総合展		
－ The International Technical Exhibition of		
Medical Imaging2024－に出展して……………	17	
ガラスバッジ測定件数9,000万件を達成しました！……………	18	
〔サービス部門からのお願い〕		
2023年度「個人線量管理票」のお届けについて……………	19	
2024 8.1 No.572		
放射線被ばく管理に用いられる「Sv」について……………黒澤 忠弘	1	
携帯電話機の高周波電磁場が		
電子ポケット線量計に及ぼす影響……………出路 静彦	6	
〔コラム〕 68th Column 【目と耳を大切に】……………中川 恵一	11	
全衛連の胸部X線写真撮影時の照射X線量の測定について……………安藤恵士夫	12	
〔放射能・放射線単位の由来〕		
第7回 ジュールjoule：J……………高橋 正	17	
令和6年度放射線安全取扱部会年次大会（第65回放射線管理研修会）……………	18	
〔サービス部門からのお願い〕		
返信用封筒はゼロハンテープで確実に封をしてください……………	19	
2024 9.1 No.573		
〔学生応援企画〕		
大阪大学放射線科学基盤機構同位体化学研究室の研究紹介		
浅利 駿介／宮本 颯太／浜崎 健太／長郷 一紀／山下 謙真		
難波 礼央／松田 佳太／三浦 彰和／川瀬 陸／吉田 奈央……………	1	
〔コラム〕 69th Column 【緩和ケア】……………中川 恵一	6	
令和5年度 個人線量の実態……………	7	
第5回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会……………	16	
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………	16	
2024年 製薬放射線研修会……………	17	
ACEGEAR NEO一部機能のご紹介……………	17	
〔サービス部門からのお願い〕		
ガラスバッジの「休止」処理について……………	19	
2024 10.1 No.574		
「原子力の日」に思う		
原子力新時代を迎えて……………小口 正範	1	
がん転移に対する治療法の動向とZAP-Xによる実際……………丸山 隆志	3	
〔コラム〕 70th Column 【涼しい夏と暖かい冬】……………中川 恵一	8	
〔施設訪問記⑩〕		
－ どうぶつの総合病院訪問記の巻－……………	9	
令和6年度 医療放射線防護連絡協議会の開催案内……………	13	
IAEA事故・緊急事態対応センター紹介……………立崎 英夫	14	
〔サービス部門からのお知らせ〕		
変更されていないガラスバッジが届いた！こんなときは……………	19	
2024 11.1 No.575		
原子力発電環境整備機構（NUMO）の対話活動について		
～ 北海道2町村における対話活動を中心に～……………東 憲司／濱西 保宏	1	
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ……………	5	
令和5年度 一人平均年間被ばく実効線量0.17ミリシーベルト……………中村 尚司	6	
令和5年度 年齢・性別個人線量の実態……………	9	
〔コラム〕 71th Column 【PSMA-PET】……………中川 恵一	12	
〔学生応援企画〕		
近畿大学原子力研究所		
放射線応用学研究室（山田崇裕教授）紹介……………添田 悠也	13	
〔放射能・放射線単位の由来〕		
第8回 ラザフォードウム		
¹⁰⁴ Rf：rutherfordium（その1）……………高橋 正	17	
〔サービス部門からのお願い〕		
ガラスバッジご返却時のお願い～シール貼付時の対応について～……………	19	
2024 12.1 No.576		
グリーンサステナブル社会を支える		
中性子照射シリコン半導体技術……………西澤 伸一	1	
タスクシフト／シェアのためのガイドライン集のあらまし……………		
－ 今までの道のり&これからへの期待－……………市田 隆雄	6	
〔コラム〕 72th Column 【標準治療のススメ】……………中川 恵一	11	
バングラデシュの家屋における自然放射線被ばくに関する現状調査……………		
エムディ・マハムドゥル・ハサン／飯本 武志……………	12	
メール認証実施のお知らせ……………	17	
FBNews 新編集委員会のご紹介……………	17	
「FBNews」総合目次 その52（No.565～576）……………	18	
〔サービス部門からのお願い〕		
ご使用者の変更をFAXで依頼したいとき……………	19	

サービス部門からのお願い

ご使用者の変更をFAXで依頼したいとき

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださりまして誠にありがとうございます。

お客様より「FAXで変更依頼をしたいが、どうしたらよいか」とのお問い合わせをいただくことがございます。

弊社ホームページ (<https://www.c-technol.co.jp/glassbadgesite/>) から「**ご使用者変更連絡票**」のダウンロードが可能ですので、FAXでのご依頼の際には、ぜひご利用ください。



<ダウンロード手順>

ホームページトップ画面①「**ガラスバッジ**」をクリック、

②「**各種カタログ・サービス規約・申込書**」をクリック、

③その他「**ご使用者変更連絡票**」をクリック

■ 測定センターFAX：0120-995-204（無料）

①



②



③



記事に関するご意見や掲載希望の記事案については、こちらまでお送りください ctc-fbnews@c-technol.co.jp

編集後記

- 2024年も過ぎようとしています、皆さんはいかがお過ごしですか。今月は、株式会社千代田テクノ主催の国際シンポジウムが開催されますので、関係者は特に慌ただしく過ごされていることと思います。
- 西澤伸一先生のグリーンサステナブル社会を支える中性子照射シリコン (Si) 半導体技術では、純度の高いSi半導体にPを均一にドーピングする方法として中性子変換ドーピング(NTD)がおこなわれ、パワーエレクトロニクスの産業応用として不可欠になっています。ただ、日本は産業用中性子照射設備がなく、海外に依存している状態で需給バランスが拡張していくことが大きな課題になっていることがわかりました。
- 中川恵一先生の標準治療のススメを読んで、われわれ一般人にとっては、医療分野での先進治療、自由診療など高額になるほど素晴らしい治療と思いがちですが、あらためて注意喚起してくれる、参考になるコラムであります。先端技術やAI技術などもよく研究者にとって魅力を感じます

が、既存の技術でも欠かせない標準技術は、これをベースにより利用することが必要でしょう。

- 市田隆雄先生の医療におけるIVR利用の記事では、IVRの安全取り扱いガイドラインと緊急性の高い疾患のSTAT画像の所見報告のガイドラインが紹介されています。働き方改革を求められる医師とそれを支える技師、患者のケアにあたる看護師が三位一体になって診療にあたることが求められている経緯がわかりました。
- 東京大学 飯本武志先生研究室のエムディ・マハムドゥル・ハサンさんには、バングラデシュにおける室内環境のラドン・トロン濃度・線量測定についてご執筆いただき、飯本先生が翻訳くださった記事をご紹介しました。日本に比べれば、かなり高いことがわかりました。ラドンとトロンを区別して測定することによって興味深い結果が示されていました。
- 最後になりますが、この1年でもご協力をありがとうございました。新年も良い年をお迎えください。（野村貴美）

FBNews No.576

発行日／2024年12月1日

発行人／井上任

編集委員／小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 古田悦子 青山伸 福田達也 藤森昭彦 篠崎和佳子 高橋英典 田谷玲子 東元周平 堀口亜由美 松本和樹 丸山百合子 村山賢太郎

発行所／株式会社千代田テクノ

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話／03-3518-5665 FAX／03-3518-5026

<https://www.c-technol.co.jp/>

印刷／株式会社テクノサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円（本体364円）