



Photo Asushi Koga

Index

Next Stageを見据えた核医学検査室管理区域の整備 ～横浜市立大学附属病院における放射線管理区域改修工事～…尾川 松義	1
1年遅れの「浜通り旅行記」……………中川 恵一	6
〔コラム〕79th Column 【医学生によるがん教育推進協会】……………中川 恵一	11
六ヶ所再処理工場における重大事故時の放射線管理対応について ……………高橋 玲/岡村 泰治	12
2025国際医用画像総合展 －The International Technical Exhibition of Medical Imaging2025－に出展して……………	17
令和7年度 放射線取扱主任者試験施行要領……………	18
〔サービス部門からのお願い〕 2024年度「個人線量管理票」のお届けについて……………	19

Next Stageを見据えた 核医学検査室管理区域の整備

～ 横浜市立大学附属病院における 放射線管理区域改修工事 ～



尾川 松義*

【はじめに】

いきなりですが、国内の核医学検査数は減少傾向にあります。しかし、近年、核医学治療については甲状腺アブレーション療法（全摘出後の残存甲状腺に放射性ヨウ素カプセルで再発防止のために施す処置）などに加え、ある特定の物質に特異的に結合する物質（リガンド）の特性を利用した、ルテチウム-177による神経内分泌腫瘍の治療用薬剤ルタテラ®静注の登場により放射性リガンド療法が注目され、増加傾向にあります（図1）。さらには、セラノスティクスやドシメトリなど核医学診療

は新しい技術により賑わいを見せています。

今までは入院による核医学治療を実施する場合は施設内に専用の放射線治療病室が必要でした。しかし、特別措置病室の登場により一定の核医学治療に関しては、一般病室を一時的に特別措置病室に変更（事前に届け出が必要）することで入院が可能となりました。これにより外来核医学治療や特別措置病室を利用した入院治療のニーズが高まるとともに、入院での核医学治療の実施施設が大幅に増加しています。

横浜市立大学附属病院の核医学検査室は約30年前に設計された構造設備のため、施設の

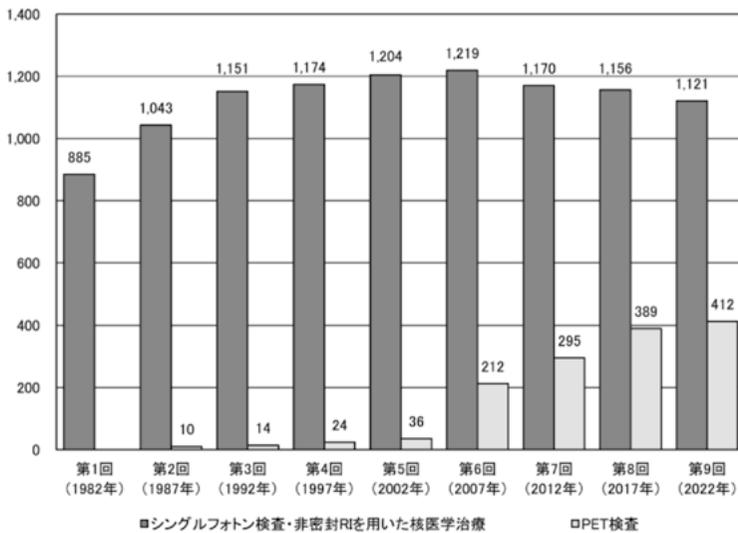


図1 第9回全国核医学診療実態調査報告書

引用：RADIOISOTOPES, 72, 49-100 (2023)

* Matsuyoshi OGAWA 横浜市立大学附属病院 放射線部

老朽化、スペースの狭さ、管理区域内の放射性同位元素（RI）廃棄物の増加、またペプチド受容体放射性核種療法（Peptide Receptor Radionuclide Therapy：PRRT）をはじめとした新たな核医学治療への対応が困難になりつつありました。

そこで今回、当院ではSPECT（Single Photon Emission Computed Tomography）装置更新を契機に、核医学診療環境の全面的な見直しを行いました。核医学検査中心のレイアウトを、核医学治療にも最適化した核医学診療施設へと改修しましたので、紹介致します。

【課題】

横浜市立大学附属病院は、1991年に横浜市金沢区に医学部附属病院として開院されました。30年以上が経過する中で、核医学診療も大きく変化してきました。PET検査の登場やベータ線やアルファ線放出核種の臨床利用などを経験し、成長を続けてきました。今回の放射性リガンド療法の登場は、核医学治療薬の治療効果に関するインパクトがあり、当院でも毎週のように治療が行われています。今後の放射性リガンド療法の普及を踏まえて課題について検討を行いました。

1. RI廃棄物の増加と保管管理の煩雑化

PRRT治療は点滴静注により投与が行われます。また、投与バイアルに生理食塩水を流入させ、バイアルを加圧させながら患者さんの体内に投与されます。他の放射性医薬品ではあまり行われていない投与方法です。また、投与後の患者さんは退室基準以下の線量になるまで放射線治療病室や特別措置病室に入院します。当院の経験では半数以上の患者さんは1泊2日の入院期間となっています。入院による核医学治療が行われるようになり、放射性同位元素によって汚染された廃棄物が多く発生

するようになりました。また、投与後のバイアルには200から300MBqの放射性医薬品が残った状態のまま保管廃棄室などで減衰保管します。そのため、通常の保管廃棄用ドラム缶に加え、バイアルを減衰保管するスペースや人体より排泄された放射性同位元素を含んだ感染性廃棄物の保管スペースの確保が必要となり、既存の保管廃棄設備では十分な保管廃棄スペースが確保できずにいました（図2）。



図2 旧保管廃棄設備

2. PRRTの導入に伴う患者待機時間（約4時間）の対応

当院のPRRT治療はアミノ酸輸液を投与し、30分後にルタテラ[®]静注が30分間投与されます。その後3時間程度かけてアミノ酸輸液が投与された後、患者さんは特別措置病室へと帰室します。患者さんは核医学検査室の管理区域内に4時間程度滞在することになります。核医学検査室ではPET検査や甲状腺アブレーション療法などで1、2時間程度滞在することはありますが、それ以上の待機は想定していません。当院では、PET用待機室の一部を利用して4時間待機を行っていたため、待機時の快適性という点では十分ではあ



図3 旧PRRT投与に使用していた処置室(左)と待機室(右)

りませんでした。また、アミノ酸輸液の投与に必要な輸液ポンプのコンセントや急変時の医用ガスなどの環境が十分ではありませんでした(図3)。

3. 核医学治療患者への対応に伴う従事者の被ばく増加

PRRT治療の患者に接する医療従事者は一定の被ばくを受けるリスクがあります。PRRTで使用されるルタテラ[®]静注はルテチウム-177が含有されているため、治療時の患者の周囲ではガンマ線やベータ線による被ばくリスクが一時的に高まります。

これまでの当院の管理区域では、核医学検査スペースと核医学治療の処置や待機スペースが分離されていませんでした。そのため、核医学検査の遅れから核医学治療の遅延が発生する場合なども散見されました。治療後の患者の対応に必要な身体的介助や点滴ルートの確認等を行う際、医療従事者が治療患者に接近せざるを得ない場面の動線が悪い現状もありました。そのため、患者からのナースコールや突発的なトラブル対応のため、医師や看護師、診療放射線技師が短時間に何度も往復することもあり、対応の遅延や累積的な被ばく線量増加が懸念される状況でした。

従って、治療患者さんを安全に管理できる待機スペースの確保と、非接触型のコミュニケーション手段(相互通話機器や監視カメラなど)の整備、更に適切な鉛遮蔽や距離の確保が、今後の核医学診療環境における重要な課題となっていました。

【改修内容】

今回の管理区域改修工事では、課題として挙げられたRI廃棄物の保管対応、長時間待機に耐えうる環境整備、そして従事者の被ばく低減に向けた対応を軸に、診療環境全体の

質的向上を目指しました。特に、近年の核医学治療の進展に対応するには、ハード面の刷新とともに、患者および医療従事者双方の安全性・快適性を担保するソフト面の充実が求められます。

1. RI管理体制の改善

従来のRI貯蔵室は限られたスペースに医療用や研究用、PET廃棄物など多様な放射性物質が保管廃棄され混在し、業務上の煩雑さと物理的な安全性の面で課題がありました。今回の改修では、スペースを拡大し収納力の増加に加え、RIの種類や放射エネルギーに応じた分類管理が可能となるよう保管廃棄区域の合理的なゾーニングを実施しました。これにより、治療後に残存する高活性な投与バイアル、感染性廃棄物などの一時保管場所を明確に区分けすることが可能となり、安全な減衰保管運用が確保されました(図4)。



図4 新保管廃棄設備

2. 長時間待機に耐えうる環境整備

患者の長時間待機に対する環境整備も重要な改善点です。PRRTなどの核医学治療では、患者が管理区域内で4時間程度過ごす必要があるため、これまでの検査中心の短時間滞在用レイアウトでは、快適性・安全性の両面で不十分でした。改修後は、待機場所に自然を眺められる窓をイメージしたSansei社製SKY LIGHT[®]を設置し、閉塞感の軽減を図りました。また、化学療法室などで実績のある待機用椅子を新たに採用し、長時間座位における疲労軽減を実現しました。

核医学治療の実施件数が増加する中で、複数患者への同時対応が求められる状況に対応すべく、新たに3ブースからなる処置室を新設しました。この処置室では、患者のプライバシーを確保しながら、それぞれの治療スケジュールに合わせた柔軟な対応が可能です。各ブースにはテレビモニターを設置し、治療待機中も精神的な負担が軽減されるよう工夫がなされています(図5)。



図5 新核医学治療等投与・待機に使用する処置室
上：天井に設置したSkylight®
下：投与・待機ブース

3. 従事者の被ばく低減の工夫

待機中の患者管理においては、個別監視カメラの設置とともに、各ブースに相互通話可能なインターホンを導入しました。これにより、患者からの呼び出し対応を非接触かつ迅速に行うことが可能となり、従事者の不必要な立ち入りを減らし、被ばくの低減にもつながっています。また、急変時の対応を想定し、医療ガス設備や電源コンセントを各ブースに設置し、輸液ポンプや酸素供給機器の常時使用にも対応可能なインフラを整備しました。

以上のように、本改修工事では、従来の検査中心の核医学診療環境から、外来治療や入院治療にも対応可能な包括的診療体制への移行が図られました。ハード面だけでなく、ソフト面でも「安全性」「快適性」「業務効率」のバランスを重視した改修内容となっており、今後の核医学診療拡大に向けた土台が整ったといえます。

【工事スケジュールと診療への影響を最小化】

核医学検査室ではSPECT-CT検査やPET-CT検査、核医学治療が行われています。現在の診療においてどれも術前・術後に重要な役割を担っている検査です。核医学診療を長期間停止し、改修工事を行うことは難しく、診療への影響を最小限にとどめるため、段階的かつ綿密な工事計画を策定しました。さらに原子力規制庁や横浜市医療局医療安全課と事前協議を行い、工事計画についてあらかじめ協議し、計画を修正していきました。

工事の流れとしては、まず新たな保管廃棄設備の工事を行い、設置許可を取得しました。その後、旧保管廃棄設備を新たな準備室(図6)に変更工事を行いました。そして、旧薬剤準備



図6 新準備室



図7 旧準備室

室(図7)と旧貯蔵室を1部屋に改造し、新たな処置室(待機室)を3ブース設置し完成となりました(図5)。

新旧設備への移行スケジュールを綿密に調整したことで、部分的かつ一時的な臨床停止により完成することができ、臨床への影響を最小限にすることができました。しかし、医療法の使用前検査は3回、RI規制法の施設検査は1回と段階的に実施しました。また、貯蔵室を廃止し、貯蔵箱の設置を進めたことにより、旧準備室と旧貯蔵室を新たな処置室へ改修できました。これに際しては、専門的な業者によるコンサルや申請書の作成、申請業務に十分な知識を有する方々の知恵と経験があってこそ達成できたと感じました。この工事計画により、診療停止期間を極力抑え、患者や従事者への影響を最小限に抑えることに成功したことは、更新に関わった全ての方のお陰と大変感謝しています。

【まとめと今後の展望】

今回の核医学検査室管理区域の改修工事は、核医学検査中心の従来のレイアウトから、外来・入院を含めた核医学治療にも対応した診療環境への大きな一歩となりました。特にルタテラ[®]治療においては、環境整備によって稼働能力を2倍以上の6名/週に向上することができました。また、今後診療が開始される薬剤に対しても柔軟に対応できる環境を整備することができました。今回の話には触れませんが、最新のSPECT-CT装置であるシーメンス社製Symbia Pro.specta X3が導入され、核医学検査から核医学治療を含めた核医学診療の発展に寄与していることも付け加えさせていただきます(図8)。

今後、核医学診療件数の増加が予想される中、当院は核医学分野において地域医療の中

心的役割を担い続けるため、さらなる診療の充実と発展を目指します。

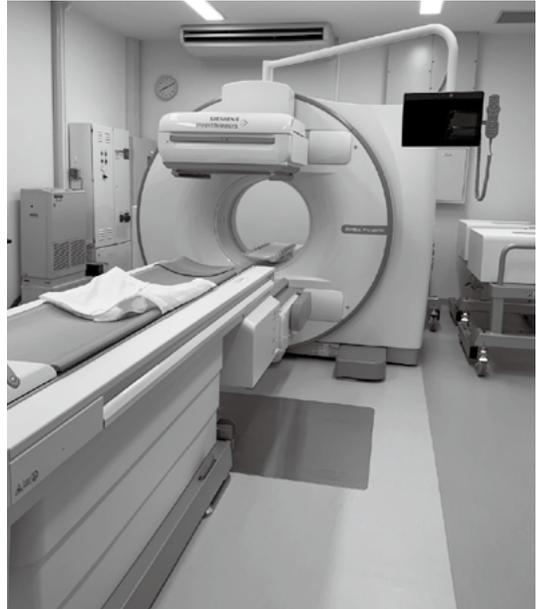


図8 最新のSPECT-CT装置

【謝辞】

本工事に関わった関係者の方に厚く御礼申し上げます。

- ・株式会社千代田テクノ
 - ・協和医科器械株式会社
 - ・シーメンスヘルスケア株式会社
 - ・株式会社Sansei
 - ・株式会社日本環境調査研究所
 - ・横浜市立大学附属病院 医学・病院統括部
- (順不同)

著者プロフィール

横浜市立大学医学部附属病院 放射線部 担当係長、東北大学大学院医学系研究科画像解析学分野 非常勤講師、神奈川県立横須賀高等学校 スーパーサイエンスハイスクール事業にも協力
日本核医学専門技師、第1種放射線取扱主任者を取得
専門領域は核医学診療全般、放射線管理

1年遅れの 「浜通り旅行記」



中川 恵一*

2024年7月20日に、福島県いわき市の勿来^{なこそ}海水浴場に視察に行ってきました。翌21日は浜通りの双葉町^{ふたばまち}、浪江町^{なみえまち}、大熊町^{おおくままち}を回り、復興の状況を確認するとともに、福島県記憶遺産となっている震災伝承施設を訪れ、東日本大震災に思いを馳せました。

東京駅を出発した常磐線は茨城県内を北上します。前年より少しだけ遅くなった2024年7月20日のいわき市内の海開きに合わせて、海水浴場を見に行くことにしました。勿来海岸は福島県いわき市の中でも南に位置する人気の高いビーチです。地元の高校生やハワイアンダンサーの参加のもと海開きイベントが行われたとのこと。東京で午前中にセミナーの講演があったためイベント参加は叶いませんでしたが、講演終了のその足で常磐線に飛び乗りました。水戸駅を過ぎ、途中の日立駅では、通り雨とは思えないほどの豪雨に見舞われ、先行きに不安を感じましたが、15時頃に到着した勿来駅ではそれを吹き飛ばすような晴天に恵まれました。早速水着に着替えて勿来海水浴場へ。いわき市内では、放射線に対する不安を低減するため、市内4箇所の海水浴場で、空間線量と海水のセシウム濃度分析が実施されていました。2024年度はさらに海水のトリチウム分析も実施しています。勿来海水浴場では、空間線量は $0.04\mu\text{Sv/h}$ 、海水もセシウムは検出限界以下 ($<10\text{Bq/kg}$)、トリチウムは検出限界以下 ($<4.6\text{Bq/kg}$ 程度)



図1 勿来海水浴場のシンボルニツ島と赤い鳥居

と、当然検出されていません。福島での海水浴は人体にまったく影響がないことをわかりやすく示すことができるのではないかと意識を持って海に飛び込みました。潮の流れの影響か、暖かい海水



図2 勿来海水浴場での遊泳

と、冷たい海水が混じり合う感覚を感じながら、小1時間ほど、海水浴を満喫しました。

海水浴を楽しんだ後は、徒歩10分程の距離にある「勿来温泉『関の湯』」に移動しました。

* Keiichi NAKAGAWA 東京大学医学部附属病院 放射線科 放射線治療部門 特任教授



図3 勿来温泉 関の湯

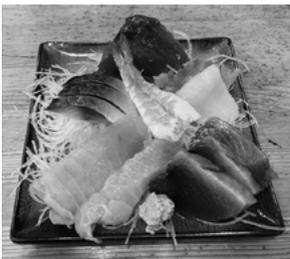


図4 海幸での刺身盛り合わせ

関の湯は2011年の震災により機械室などに損傷が生じたものの、1か月ほどで再開し地域に癒しを提供しています。少し潮の香りを感じる温泉は、露天風呂も併設され、太平洋を一望できました。壮大ないわきの海を眺めていると、この海に震災時には津波が押し寄せたとはとても思えず、心落ち着くひと時を過ごしました。その後は、海産物を頂きに、いわき湯本温泉に移動。寒流の親潮と暖流の黒潮が交わる「潮目の海」と呼ばれるいわき沖では、栄養豊富なプランクトンを食べて育った、美味しい魚「常磐もの」が水揚げされることで有名です。夕食はいわき市の湯本駅からほど近い海鮮料理屋「海幸」に立ち寄り、常磐ものに舌鼓を打ちました。

2日目は常磐線のJR双葉駅で下車したところからスタートします。駅舎の時計は、大地震が発生した2時46分を指したままです。



図5 双葉駅 駅舎の時計は止まったまま

福島第一原子力発電所が立地している双葉町は、事故による避難指示の対象となった12市町村の中で、2022年8月ようやく一部地域で人々が暮らせるようになるまで全町避難が最後まで続いた町です。

最初に向かう先は、2020年9月に開館した「東日本大震災・原子力災害伝承館」(伝承館)です。東日本大震災の伝承施設は東北地方に数多く存在しますが、原子力災害を冠した施設は双葉町にあるこちらの伝承館のみです。到着してまず目に入るのが敷地内に設置されているモニタリングポストです。東京で見かけることはありませんが、福島県では、放射線の空間線量を24時間計測するこのモニタリングポストが今なお各地に3,400台以上配備されており、原子力事故がもたらした被害の大きさを象徴しています。伝承館のモニタリングポストの示す空間線量率は0.06μSv/hであり、国内外の主要都市と大差ないレベルまで低減しています。

国内観測史上最大の巨大地震と大津波、それに続く原子力事故の複合災害は人々の暮らしを一変させ、今なお避難を継続している方々があります。伝承館では、震災と原子力事故の記録と記憶を実物展示やパネル写真、証言動画や映像でわかりやすく学ぶことができます。毎日4回、日替わりの語り部講話が開催されており、展示では伝えきれない被災体験や故郷への変わらぬ想い、そして災害への備えを



図6 伝承館のモニタリングポスト



図7 伝承館の展示物

体験者の生の言葉で聞くことができます。来館当日は、震災当時中学生だった大熊町出身の女性が「10年かけて踏み出した一歩」と題してお話しされました。震災前は町内にある福島第一原子力発電所が小学校の遠足先であり暮らしの中に原子力が存在していたこと、震災後に避難先を転々とし、ようやく一時帰宅が可能となったものの自分は年齢制限で帰還困難区域への入域資格がなく悲しかったこと、その後いわき市で自宅を新築したものの喜ばなかったこと、生まれ育った大熊町の実家の家屋解体は覚悟していたもののショックだったこと等、自身の率直な想いを語られました。大学進学を機に上京するも、愛着のある故郷に戻り、今は次世代に震災の教訓を伝える仕事をしているそうです。避難を余儀なくされた住民それぞれに震災や原子力事故との向き合い方があり、葛藤を抱えながらも復興再生に向けて前進する力強さを感じました。

続いて、2023年4月に双葉町にランドオープンした「浅野^{ねんし}撚糸フタバスーパーゼロミル」を訪れました。原子力事故から再起する双葉町を支援しようと、岐阜県に本社を置く撚糸工場が発電所から4kmの場所に双葉事業所を開設しました。高品質のタオルは双葉町の新たなブランドとして注目されています。館内ではさまざまな種類のタオル製品を購入でき、カフェでリフレッシュもできます。

浪江町に向かう道中でふと思いついて、双葉町の海岸に建設された堤防に立ち寄りま



図8 双葉町 嵩上げされた堤防



図9 双葉町堤防より海を望む

した。総延長は約1.5km、震災前からの堤防に1m嵩上げすることで、津波被害範囲の大幅縮小が見込まれ、防災力を強化しているそうです。

お腹が空いてきたところで、2021年3月にオープンした「道の駅なみえ」で昼食を取りました。フードコートの店舗の中から私が選んだのは、浪江町の請戸漁港で獲れた鮮度抜群のシラスが盛り放題の釜揚げシラス丼



図10 「道の駅なみえ」にて



図11 道の駅なみえ
請戸産釜揚げシラス
丼(盛り放題)

です。潮の香り豊かでふっくら柔らかなシラスを頬張り、福島の誇る海産物の美味しさを噛みしめました。普段馴染みのあるスーパーのシラスとは別物で、町内の「柴栄水産」の直売所では、人気のシラスをはじめ請戸漁港で水揚げされたばかりの水産物が並んでいますので、お土産にもおすすめです。

お腹が満たされたところで、次なる目的地は「震災遺構・浪江町立請戸小学校」。海岸からわずか300mに位置する小学校で、津波は校舎2階の高さまで襲来しましたが、先生の機敏な判断と冷静な児童たちの行動で全員が奇跡的に助かりました。迎えに来た保護者にも児童を引き渡さず、とにかく逃げることを優先した先生の判断は、日頃の訓練の成果によるものでしょう。津波の爪痕を残したそのままの姿で2021年10月より震災遺構として一般公開されています。1階の教室は津波の破壊力を物語っており、体育館のステージには卒業式の看板が掲げられたままです。見学ルートに従い2階の教室に行くと、自衛隊員や警察官たちによる激励メッセージや、立ち入りができるようになってから住民や卒業生が書き記した故郷への想いが刻まれた黒板が目に入ります。当時在籍していた子どもたちが震災から10年後に自分自身について記した文集



図12 震災遺構 浪江町立請戸小学校



図13 津波により損壊した教室



図14 自衛隊員、卒業生たちからの
激励メッセージが刻まれた黒板

からは、未曾有の複合災害に見舞われながら、逆境の中でも挫けずに自ら選択した人生を歩んでいる様子を感じ取ることができます。

最後に訪れたのは、請戸小学校の児童たちが押し寄せる津波から逃げるために一目散に目指した「大平山」です。請戸小学校から約2km離れた場所にあり、高台からは請戸小学校と普段は穏やかな海岸線を望むことができます。津波で流失した墓地の再建のため、震災後に町営霊園が整備され、高台には犠牲になった住民の鎮魂と町の復興、後世への震災の教訓が刻まれた慰霊碑が建立されています。請戸小学校と大平山霊園は、あたりまえの日常の尊さを改めて実感すると共に、南海トラフや首都直下型地震等、今後予想される激甚災害への防災意識が生死を分けることの原点に向き合う時間となりました。

帰路に乗車するJR大野駅を目指し、大熊町まで南下します。国道6号沿いを走行していると、左手に中間貯蔵施設が見えてきます。除染により福島県内各地で発生した除去土壌は、福島第一原子力発電所を取り囲む形で大熊町と双葉町に整備された中間貯蔵施設に搬入されました。敷地面積は渋谷区相当、そこには東京ドーム11杯分、約1,400万㎡の膨大な除去土壌が保管されています。これらの除去土壌は2045年3月までに福島県外で最終処分することが法律で定められており、残された期限まであと20年です。全体の4分の3を占める放射性セシウム濃度8,000Bq/kg以下の低線量土壌については、全国の公共事業の盛土材等として再生利用し、最終処分量を極力減らす方針です。盛土として再生利用しても、最も高い工事施行者の年間追加被ばく線量は1mSv以下となり、供用中は覆土を施すことでさら



図15 中間貯蔵施設の位置※



図16 福島第一原子力発電所(中央)を取り囲む中間貯蔵施設※

に放射線量は下がります。この線量レベルであれば、人体への影響はありません。福島の原子力で発電された電気は首都圏に供給されていきました。本来貴重な資源である土壌ですから、安全面で問題のないレベルの除去土壌は大いに有効活用すべきです。「福島の復興なくして東北の復興なし、東北の復興なくして日本の再生なし」という復興スローガンの通り、除去土壌問題の解決なしに日本の再生は実現しないとの強い気持ちを持って、この問題について今後も考えていきたいと思います。

大熊町役場近くで途中停車し、2023年8月に校舎が完成したばかりの「大熊町立学び舎ゆめの森」を外から眺めます。0～15歳の子どもたちが共に学ぶシームレス教育が話題となり、時間割や学級を設けず子どもたちの個性を伸ばす教育環境に魅力を感じての教育移住が増えているそうです。

JR大野駅西口では、産業交流施設と商業施設の建設工事が急ピッチで進められていました。こちらは本年3月にグランドオープンし、大熊町の新たな復興シンボルとして時を刻み始めています。

常磐線に揺られながら、浜通りで過ごした2日間を振り返りました。ALPS処理水の海洋放出から1年を前に、浜通りの現状をひと目見ようと海開きの日を狙って、1泊2日弾丸ツアーを執行しました。震災の傷跡が今なお残る部分と、復興に向けて前進する部分が共存する浜通りのありのままの姿を知ることができました。「百聞は一見にしかず」の通りで、新聞やテレビで報道される切り取られた情報から抱くイメージとは異なる、リアルな現地を自分の目で確かめてきました。処理水の海洋放出は今後も続きます。最難関のデブリ取出しはようやく一歩を踏み出したところで、除去土壌問題が本格的に動き出すのはこれからです。今後も福島を訪れ、福島のために微力ながら、力を尽くしていきたいです。

※出典：環境省HP
<https://fukushima-mirai.env.go.jp/cop29/chukanchozou/>



中川 恵一

東京大学医学部附属病院

医学生によるがん教育推進協会

今年1月、「医学生によるがん教育推進協会」を設立しました。この協会は、医学生が無報酬で、小・中・高校でがん教育を行うことを目的とした非営利団体です。学校側からは一切費用は頂かないのが本事業の最大の特徴です。

私も深く関わりましたが、2016年度にがん教育が必修化されました。がんを知り、命の大切さを考えてもらうため、医師やがん経験者などの「外部講師」を活用することを文部科学省は定めています。しかし、外部講師による授業の実施率は全国で13%程度と低く、地域による差も大きいのが現状です。東京都では40%以上の中学校が外部講師を活用していますが、沖縄県や神奈川県、熊本県では5%未満にとどまっています。学校からは、講師が見つからない、予算がないといった声が上がっています。本協会では「医学生が講師になる」という仕組みを提案しています。

この取り組みにはさまざまなメリットがあります。まず、医学生にとっては、がんについての知識を深めるだけでなく、人に教える

ことで指導力やコミュニケーション力が身につきます。子どもたちにとっても、年齢の近い医学生が講師を務めることで、親しみを感じやすく、学びが定着しやすくなります。最近ではHPVワクチンの接種勧奨の再開など、若い世代に関わるテーマも注目されていて、がん教育の重要性はますます高まっています。

全国各地に82校の医学部がありますから、外部講師不足の解決に貢献するはずですが、さらに、医学部と地域の学校が連携することで、医学生が地域に貢献する機会が生まれます。医療は本来、地域とともにあるべきものです。学生時代から地域と関わることで、医学生自身も「医療を届ける側」としての意識を高めることができるでしょう。

医学生には授業に先立ち、研修を受けてもらいます。2023年度に行った研究でも、子どもたちのがんに関する理解度は、研修済みの医学生と医師で、大きな差がないことが確認されました。また、教えた医学生自身も、知識や指導力が向上するという相乗効果が得られています。

文部科学省の後援事業と認定頂いています。将来的には、医学部の正式なカリキュラムに組み込むこともあり得るかもしれません。

本協会では、意欲のある医学生の募集や、学校とのマッチング、授業準備のサポートなどを行いながら、全国でがん教育の輪を広げていきます。医学生と地域をつなげるこの取り組みが、日本人のヘルスリテラシーの向上につながることを期待しています。

詳しくは、「医学生によるがん教育」で検索下さい。



六ヶ所再処理工場における 重大事故時の放射線管理対応について

高橋 玲*1 / 岡村 泰治*2

1. はじめに

原子力発電所の使用済燃料の中には、まだ発電に使用可能な核分裂性のウラン及び新たに生成されたプルトニウムが存在している。これを再処理して繰り返し使う『原子燃料サイクル』を完結することは、原子力エネルギーの長期的な安定確保につながる。

日本原燃株式会社は青森県上北郡六ヶ所村において、現在、「ウラン濃縮工場」「高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター」「低レベル放射性廃棄物埋設センター」の3施設を操業し、さらに原子燃料サイクルの要となる「再処理工場」と「MOX燃料工場」のしゅん工に向けて取り組んでいる。

六ヶ所再処理工場では、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故後に制定された核燃料施設等の新規制基準を受け、事故に対する安全対策を強化している。放射線管理対応としても、事故時の安全対策強化を実施しており、特に、新規制基準において新たに導入された重大事故（SA）の発生を想定した対策として、排気モニタリング、環境モニタリング、被ばく管理・防護措置等を大幅に強化している。

本稿では六ヶ所再処理工場における重大事故時の放射線管理対応について紹介する。

2. 六ヶ所再処理工場の概要

六ヶ所再処理工場では、3,000 t・Upr（t・Upr：照射前金属ウラン質量換算）の最大貯

蔵能力を持つ使用済燃料プールに使用済燃料を受け入れ、原子力発電所での冷却・貯蔵と合わせて15年以上の冷却期間の後、せん断工程に移送し、再処理を行う。年間の最大再処理能力は800 t・Uprである。再処理工場の主要な工程では、放射性物質を溶液や粉体などの状態で取り扱うため、原子力発電所で扱う燃料のペレット及び被覆管のような障壁がない。このため、排気中への主要な放出放射性核種が希ガス及びヨウ素である原子力発電所と比較すると、多様な核種が放射線防護の対象となる。特に再処理工場の重大事故時には、他の原子力施設と比べて多量の α 核種が放出される可能性があり、内部被ばくの要因となり得るため、 α 線の測定及び α 核種から作業者を防護することが重要となる。

再処理工場の安全設計には、原子力発電所と同様に、いくつかの障壁（防護レベル）を用意し、ひとつのレベルの防護に失敗しても次のレベルで防護するという深層防護の考え方を取り入れている。

従来の安全設計における深層防護では、次のとおり、3つのレベルに応じた対策を多段階的に準備することで、施設の安全性を確保することを基本的な考え方としている。

- ①異常の発生防止
- ②異常の拡大防止
- ③工場外への影響緩和

この考え方にに基づき、再処理の工程ごとに機器の破損、故障、誤動作あるいは運転員の誤操作等によって放射性物質を外部に放出す

*1 Rei TAKAHASHI 日本原燃株式会社 再処理事業部放射線管理部放射線施設課 兼 放射線管理課

*2 Yasuharu OKAMURA NPO放射線安全フォーラム 理事 / 日本原燃株式会社 安全・品質本部長

る可能性のある事象を想定し、各種の安全設計を適用していた。

2011年の東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故を契機として新規制基準が導入され、原子力災害の知見を取り入れて原子力施設の安全対策に係る要求が大幅に強化された。安全設計については、設計上の想定を超えて安全機能が喪失した場合においても施設の安全性を確保できるよう、次のように安全対策を講じることとした。

- ①重大事故の発生防止（喪失した安全機能の回復）
- ②重大事故の拡大防止（事故の進展・拡大の防止、事故の収束）
- ③重大事故の影響緩和（施設内への閉じ込め機能の維持、放射性物質の捕集・除去）

六ヶ所再処理工場において発生を想定する重大事故は、次の6つである。

- ・ 臨界
- ・ 冷却機能喪失による蒸発乾固
- ・ 放射線分解により発生する水素による爆発
- ・ 有機溶媒等による火災又は爆発
- ・ 使用済燃料の著しい損傷
- ・ 放射性物質の漏えい

ここでは、六ヶ所再処理工場に特徴的な重大事故の例として冷却機能喪失による蒸発乾

固を例として、放射線管理対応及び放射線管理用の設備に必要な機能を担保するための対策を紹介する。

3. 重大事故時の放射線管理対応

重大事故が発生した場合に実施すべき放射線管理対応は以下のとおりである。

- (1) 排気モニタリング：再処理工場からの放射性物質の放出を監視する。
- (2) 環境モニタリング：公衆・環境への影響の規模を把握する。
- (3) 被ばく管理・防護措置：作業員の被ばくを合理的に達成可能な限り低くする。

再処理工場に特徴的な重大事故である冷却機能喪失による蒸発乾固では、再処理工場内の貯槽に貯留されている高レベル放射性廃液の冷却機能が地震等の要因により機能喪失し、代替の冷却措置を講じたにも関わらず冷却に失敗した場合に発生する。冷却不能となった溶液は温度が上昇し、沸騰・蒸発することにより放射性物質を含む気体（蒸気）を発生する。この蒸気を健全なセルに導出し、凝縮器により冷却し凝縮させることで放射性物質を液体として回収する。回収しきれなかった放射性物質は、高性能粒子フィルタを通した後、排

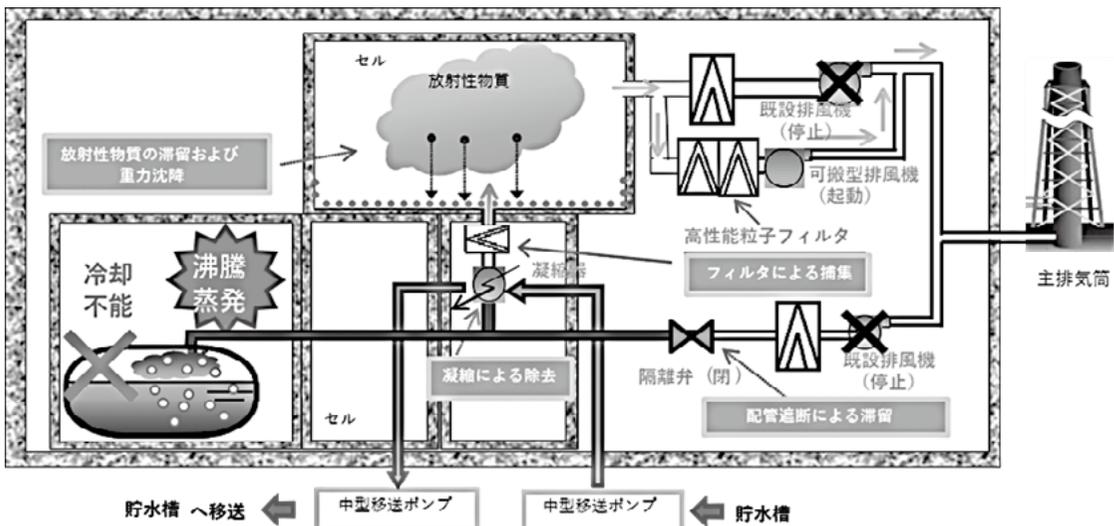


図1 冷却機能喪失による蒸発乾固の概要

気筒から排気し希釈・拡散させるとともに、排気筒以外から放射性物質が放出されないように放出経路の健全性を担保する（図1参照）。

蒸発乾固が発生した場合に再処理工場外への放出が想定される主な核種は表1のとおりである。

表1 蒸発乾固が発生した場合に放出を想定する核種

放出線種	主な放射性核種
α	^{238}Pu 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm など
β	^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Tc 、 ^{147}Pm など
γ	^{106}Rh (^{106}Ru)、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce など

重大事故時の放射線管理対応に用いる設備・資機材は、常に使用可能な状態に維持されるとともに、重大事故時においてもその機能を担保する必要がある。

(1) 排気モニタリング

重大事故時においても、気相中に放出された放射性物質は、主排気筒に導かれて放出される。排気モニタリングのための設備として、放射性希ガスを対象とするガスモニタのほかに、希ガス以外の放射性核種について、その性質に応じた捕集及び測定を行うための設備を設置している。

ガスモニタでは、主排気筒からサンプリングした排気中の放射性希ガスから放出される γ 線又は β 線を連続測定する。ガスモニタにより得られた測定データは有線で中央制御室に伝送され、三交替体制で常駐する運転員が放出状況を中央制御室にて監視する。再処理工場では、使用済燃料のせん断・溶解を行う際に被覆管内及び燃料ペレット中に閉じ込められたクリプトン-85が全量大気中に放出されるため、排気中のクリプトン濃度が大きく変動する。このためガスモニタには、低レベル・中レベル及び高レベルの3種類の検出器を備えている。主にせん断・溶解を除く平常運転時の放出量の変動を確認するための低レンジの検出器、主にせん断溶解時の放出量を評価するための中レンジ検出器、さらに、臨界事故等の異常な放出の測定用の高レンジ検出器である。

希ガス以外の放射性物質に対して、粒子状放射性物質はろ紙により捕集する。放射性よう素については、粒子状よう素はろ紙により、揮発性よう素はチャコールカートリッジにより、また、揮発性ルテニウムについてはチャコールカートリッジにより捕集する。トリチウム(H-3)については、化学形としてトリチウム水(HTO)、元素状水素(HT)及び有機トリチウム(CH_3T など)があるため、トリチウム水以外の化学形について触媒を用いて燃焼しトリチウム水に変換した後、冷却してトリチウム水の形で全トリチウムを回収する。炭素-14(C-14)は、溶媒(モノエタノールアミン)に吸収して回収する。

捕集した試料に対して、粒子状放射性物質については、ガスフローカウンタによる全 α ・全 β 放射能測定及びGe半導体検出器による γ 核種分析を行う。放射性よう素及びルテニウムについては、Ge半導体検出器による γ 核種分析を行う。トリチウム及び炭素-14については、液体シンチレーションカウンタにより測定する(表2参照)。

重大事故の起因事象となる地震等により上記の放射線測定器、サンプリング系統、データ伝送系統のいずれかが機能喪失した場合においても、その機能は維持されなければなら

表2 排気モニタリングにおける測定

測定対象	捕集	測定
放射性希ガス	(連続測定)	ガスモニタ ・低レンジ(β 線) ・中レンジ(β 線) ・高レンジ(γ 線)
粒子状放射性物質	ろ紙	ガスフローカウンタ(全 α 、全 β) Ge半導体検出器(γ 核種)
放射性よう素 揮発性 ルテニウム	粒子状：ろ紙 揮発性： チャコール カートリッジ	Ge半導体検出器
炭素-14	モノエタノール アミン	液体シンチレーション カウンタ
トリチウム	トリチウム 凝縮水	

ない。そのための対応は、次のとおりである：ガスモニタについては可搬型ガスモニタ、ろ紙、チャコールフィルタ及びチャコールカートリッジによる捕集並びにトリチウム、炭素-14の捕集については可搬型排気サンプリング装置、ガスフローカウンタについては α ・ β サーベイメータ、Ge半導体検出器については可搬型核種分析装置、液体シンチレーションカウンタについては可搬型液体シンチレーションカウンタ、有線によるデータ伝送については可搬型データ伝送装置により、その機能を代替する。なお、可搬型データ伝送装置は無線伝送でデータを伝送する。中央制御室には可搬型データ表示装置を設置し、データを受信・表示することで放射性物質の放出状況を監視する。

また、重大事故時には常設設備の機能の代替に加え、次の対応を実施する：重大事故時に放出が予想される粒子状の α 線放出核種及び β 線放出核種について可搬型排気ダストモニタを用いて放出傾向を常時把握する。可搬型データ伝送装置により無線伝送された測定データを緊急時対策所のデータ収集装置により収集し表示端末に表示する。なお、緊急時対策所にて収集した測定データはデータ伝送設備、統合原子力防災ネットワークを通じて国や自治体に共有される。

(2) 環境モニタリング

重大事故時の環境モニタリングでは、公衆及び環境への放射線影響を把握し、防護対策に資するためのデータを迅速に得る必要がある。

このため再処理工場の敷地境界付近に設置している9基のモニタリングポストにおいて、放射性雲及び地表に沈着した放射性物質からの γ 線による空間線量率を測定するとともに、ダストモニタで空気を連続サンプリングし、空気中の放射性物質濃度（全 α ・全 β 放射能）を測定する。

空間線量率計は、平常時のバックグラウンドレベルから事故時の高線量率までを測定できるように、低レンジモニタと高レンジモニタから構成される。

空気中の放射性物質濃度については、ダストモニタの集じん位置に検出器を配置し、集じん中の連続測定が可能な機器としている。環境中のラドンからの影響を除去するために、連続測定により得られる α ・ β 同時計数率と全 α ・全 β 計数率の相関関係をもとに自然計数率を推定し、その値を実測値から差し引くことにより、施設起因の α 放射能濃度及び β 放射能濃度を推定する。これにより、原子燃料サイクル施設からの異常な放出を速やかに検知できるようにしている。

また、気象観測設備で気象条件を観測し、大気拡散シミュレーションの結果に基づいて、再処理施設の敷地内及び敷地外の最大線量率地点及び最大濃度地点付近における空間線量率及び放射性物質濃度をモニタリングカーで測定する。

モニタリングポストについては、中越沖地震時や福島第一原子力発電所における機能喪失などの知見を反映し、非常用所内電源系統に接続するとともに、専用の無停電電源装置と発電機を設置したことに加え、これらの電源系統が機能喪失した場合には可搬型発電機に接続可能な設計とすることにより、電源を多様化している。また、モニタリングポストのデータ伝送系は多様化されており、有線伝送及び無線伝送によって測定データを伝送する。

気象観測設備の測定データは有線により、モニタリングカーの測定データは衛星電話により、中央制御室及び緊急時対策所に収集され、運転員による監視が行われる。

上記の設備が機能喪失した場合、排気モニタリングと同様に、可搬型気象観測設備、可搬型モニタリングポストなどの可搬型設備を用いて機能を代替する。

(3) 被ばく管理・防護措置

重大事故時に想定する作業員の被ばく経路は、事故発生建屋内の放射性物質及び大気中に放出された放射性物質（地表・建屋に沈着したものも含む）からの外部被ばく及び内部被ばくである。これらの経路による被ばくか

表3 再処理工場における重大事故時の被ばく線量管理

管理グレード	警報レベル	退避レベル
I	8mSv	10mSv
II	50mSv	100mSv
III	100mSv	250mSv

ら作業員を防護するために、グレーデッドアプローチの考え方に基づいた被ばく管理・防護措置を実施することで、被ばくを合理的に達成可能な限り低くする。具体的には、表3のとおり、作業の重要度や周囲の放射線環境等を考慮して3つの管理グレードに区分し、警報レベル及び退避レベルを設定して線量管理を行うとともに、内部被ばくのリスクに係る施設の環境状態を勘案した防護装備の選定基準を設定している（図2参照）。

また、中央制御室及び緊急時対策所に滞在する作業員も上記の経路で被ばくすることが考えられるため、建屋への出入口における出発者と帰還者の動線が混在しないように、それぞれが一方通行になるように設定する。入口には、防護具の着脱装、身体汚染検査及び除染作業を行うための区画（チェンジングプレース）を設置し、汚染の持ち込みを防止する等の放射線管理対応を行うことができる設備設計としている。

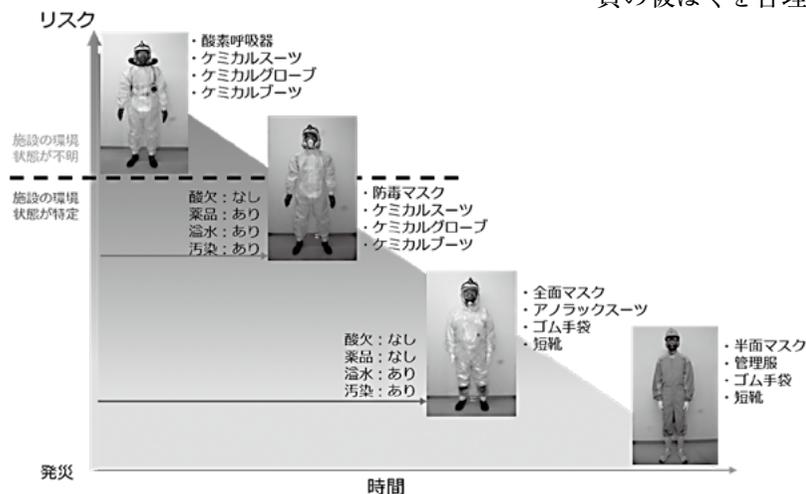


図2 再処理工場における重大事故時の防護装備の選定

4. まとめ

放射線管理対応は、事故の発生・拡大を直接的に防止するものではないが、重大事故の発生によって再処理工場の周辺環境に与える被ばく影響及び事故対応に従事する作業員が受ける被ばく影響を把握し低減するための重要な役割を担っている。

本稿では再処理工場において想定する重大事故のうち、蒸発乾固を一例として示したが、再処理工場において想定する重大事故及び重大事故の起回事象並びに随件事象は多岐にわたる。重大事故時の放射線管理対応が有効に機能することを担保するため、過去の国内で発生した大規模地震時の原子力施設の放射線測定の見解の反映を行ってきた。モニタリングポストの測定器の健全性が保たれていてもデータ伝送系が機能喪失したために、重要な測定データを監視できないリスクが顕在化したことは、その一例であり、六ヶ所再処理工場においても測定器系及びデータ伝送系の両方に着目して重大事故時のモニタリングが有効に機能するなどの対策をとっている。

作業員の被ばく管理・防護措置に関しても、様々な被ばくのリスクと環境の放射線状況の不確かさを考慮した管理基準・選定基準を設けることにより、重大事故時においても作業員の被ばくを合理的に達成可能な限り低くすることを目指している。

今後も、重大事故対応として実施すべき手順が確実に実施されるように力量等を定め、原子力防災訓練などの総合訓練に加え、高線量率環境での作業や汚染の発生を想定した放射線管理要員に対する個別訓練等を実施することで、重大事故対応に関する知識・技能の習熟を図っていく。

2025国際医用画像総合展 —The International Technical Exhibition of Medical Imaging 2025—に出展して

メディカル技術課 工藤 森海 / メディカル営業支援課 古賀早都希

一般社団法人日本ラジオロジー協会（JRC）より主催されているJRC2025の一環として、国際医用画像総合展（ITEM；The International Exhibition of Medical Imaging）が2025年4月11日～13日の3日間、パシフィコ横浜で開催されました。弊社からは大きく分けて3つの部門（線量計測部門、アイソトープ部門、メディカル部門）より、個人放射線被ばく線量測定サービス（ガラスバッジサービス）、眼の水晶体用線量計DOSIRIS[®]、各種放射線測定機器、PET校正用線源、内用療法備品、高線量率密封小線源治療システム、放射線治療関連機器等の展示を行いました。ひとつひとつ紹介したいところですが、ページ数の兼ね合いで今回は「メディカル部門のQA機器」をピックアップいたします。メディカル部門では、Ir-192線源を用いて放射線治療を行う「フレキシトロン」（RALS装置）をメインとして、放射線治療向けの製品を広く取り扱っております。悪性腫瘍だけに放射線をあて周囲の正常臓器には無駄な被ばくを与えない、という高精度な照射を実現するには、品質管理や患者固定精度管理のための測定器、ファントム、マーカー、シェル、ソフトウェアなども欠かせません。弊社では、治療精度の担保に必須となる照射装置以外の商品をQA製品として販売しております。

今回の展示ブースにおいて、ひととき存在感のあるOmniBoard（患者全身固定具）もそのひとつです（写真1）。OmniBoardは1枚のベースプレートをもとに、使用するコンポーネントを組み替えることで、頭部/頭頸部、乳腺、前立腺、SBRTなど様々な部位での照射に対応が可能です。従来の固定具では照射部位によって専用の

固定具を入れ替える必要があり、管理される方々の手間、また患者様の都度のご移動が不可欠といった面がございました。OmniBoardをご使用いただくことで上記のような幅広い治療においてオールインワンの管理が実現し、患者様だけでなく管理をされる施設の方々のご負担を軽減することが可能です。是非今後の展示会等にて皆様のお目にかかれそうですと幸いです。

最後となりますが、今回の展示を通して400人を超える多くのお客様に展示ブースへお越しいただきました。引き続き皆様へ新しい情報をお届けできるよう、いただいたご意見・ご要望をもとに活動してまいります。最後まで目を通していただきありがとうございます（写真2）。



写真1



写真2

令和7年度 放射線取扱主任者試験施行要領

登録試験機関

公益財団法人原子力安全技術センター

1. 試験の日程：第1種試験：令和7年8月27日(水)、28日(木)
第2種試験：令和7年8月29日(金)

2. 試験地及び試験場所：

試験地	試験場所
札幌会場	北海学園大学豊平キャンパス 北海道札幌市豊平区旭町4丁目1番40号
東京会場	大正大学 東京都豊島区西巣鴨3丁目20番1号
名古屋会場	星城大学本部東海キャンパス 愛知県東海市富貴ノ台2丁目172番地
大阪会場	大阪大学豊中キャンパス 大阪府豊中市待兼山町1-16
福岡会場	九州大学伊都キャンパス 福岡県福岡市西区元岡744番地

3. 申込受付期間：令和7年5月26日(月)～令和7年6月25日(水)

4. 受験料：第1種：19,800円(消費税等込み) 第2種：14,124円(消費税等込み)

5. 申込方法：インターネット申込み

原子力安全技術センターのホームページ (<https://www.nustec.or.jp/>)
からお申込みください。

6. 合格発表：令和7年10月15日(水)に、原子力安全技術センターのホームページ
にて合格者の受験番号を発表いたします。

また、令和7年11月中旬頃に、合格者の氏名が官報で公告されると
ともに、合格者には原子力規制委員会から合格証が交付されます。

7. その他：原子力安全技術センターのホームページに掲載している「受験の
手引き」の内容を必ず確認し、内容に同意の上、お申込みください。

8. お問い合わせ先：登録試験機関 公益財団法人原子力安全技術センター 主任者試験グループ
〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号 東京富山会館ビル4階
電話 (03)3814-7480 FAX (03)3814-4617



URL <https://www.nustec.or.jp/> E-mail shiken@nustec.or.jp

サービス部門からのお願い

2024年度「個人線量管理票」のお届けについて

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。
2024年度の「個人線量管理票」（個人線量算定値管理票・個人線量測定値管理票）は、第4・四半期を含む計画使用期間（2025年3月）のガラスバッジ等の報告書出力時点で作成し、個人線量報告書と共にお届けしております。

この度、2025年7月1日現在で「個人線量管理票」をお届けしていない方に対しては、返却されていない計画使用期間に「未返却」と表示させていただき、お届けする予定です。
お届けする時期は7月中旬以降を予定しております。

なお、使用期間の終了したガラスバッジ・ガラスリング・DOSIRISがまだお手元にございましたら、早急にご返却くださいますようお願いいたします。



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

- 「Next Stageを見据えた核医学検査室管理区域の整備」と題して、横浜市立大学附属病院尾川松義様にご寄稿いただきました。核医学検査中心であったレイアウトを外来・入院を含めた核医学治療にも対応した診療環境へ、どのように改修を進めていったのか、課題を交えてご紹介いただきました。本改修により、患者、医療従事者の安全性・快適性の向上とともに、ルタテラ[®]治療においては、環境整備によって稼働能力向上にもつながったとのことでした。
- 東京大学の中川恵一先生には、福島県東来海水浴場訪問記として、2024年7月に訪れた福島県各地の東日本大震災からの復興の様子をご紹介いただきました。復興再生に向け前進している様子がうかがえます。「百聞は一見にしかず」で1年後の姿を自分の目で確かめるのも良いかもしれません。
- 中川先生のコラムでは、「医学生によるがん教育推進協会」の設立についてご紹介があり、本取り組みは、日本人のヘルスリテラシーの向上が期待できます。
- ヲケ所再処理工場における重大事故時の放射線管理対応について、NPO法人放射線安全フォーラム岡村泰治様ならびに日本原燃株式会社 高橋玲様にご寄稿いただきました。安全対策として、重大事故の発生防止・拡大防止・影響緩和の取り組みについてご紹介いただきました。重大事故時であっても、作業員が受ける被ばく影響を把握し低減するという目的も含まれているようです。
- 昨年は記録的な高温が続き、熱中症対策品を使用した方もたくさんいらっしゃいます。今年の夏はもっと暑いとの報道がされており、その情報だけで気分が滅入ってしまいます。(R.T)

FBNews No.583

発行日/2025年7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)