

# 日本保健物理学会 Newsletter 論文紹介

**Newsletter 2024 年 3 月 27 日号**

(キーワード: 食品照射、文化財保護、低エネルギーX線)

## **Radiation sensitivity of *Aspergillus niger* of low-energy X-rays and Caesium-137 gamma rays**

Noriaki Kataoka, et al.

Radiat. Phys. Chem., 218, 111586, (2024)

クロコウジカビの一種である *Aspergillus niger* (A.niger) に低エネルギーX線とガンマ線を照射し、A.niger の放射線感受性を調べた。X線は装置に付随している付加フィルターを外すことにより、表面において従来の8倍の線量を照射できる。ただし、深さ方向で減衰するため、実験とシミュレーションにより、X線のエネルギースペクトルと線量を計測し深さ方向の分布を評価した。その結果、タンゲステンの特性 X線(Lab線,  $L\alpha$ 線, それぞれ 8.4keV, 10.2keV) の寄与率が高く、照射線量率の増大に寄与していた。また、極低エネルギーのため深さ方向の線量は 10mm でも大きく変化することがわかった。A.niger の放射線感受性に関しては、光子エネルギーに関係なく線量にのみ依存することが示された。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X24000781>

キーワード: 食品照射、文化財保護、低エネルギーX線

## **Improvement and verification of new measurement methods for radon and thoron progeny activity concentration based on alpha spectrometry analysis**

Kang Peng, et al.

Radiat. Meas., 172, 107068, (2024).

ラドンとトロンの子孫核種の放射能濃度をより効果的に測定できる手法を見つけることが重要である。本研究では測定感度を向上させることを目的として、ラドン及びトロン子孫核種( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  及び  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ) に対する 2 つの新しいアルファ線スペクトロメトリ法(Wicke-Tn法と PKU-Tn法)を提案し、一連の検証実験を行って Kerr-Tn法と比較した。ラドン環境、トロン環境およびラドンとトロン混合環境場における3つの測定実験の結果、2つの新しい方法はともに正確なラドンとトロンの子孫核種放射能濃度が個別に得られ、測定感度と不確かさが大幅に改善された。ラドンとトロンの混合環境での実験では、PKU-Tn法と Wicke-Tn法の測定感度は、Kerr-Tn法のそれよりもそれぞれ9.0倍と3.6倍近く高かった。3つの方法の中で測定感度が最も高く、不確かさが最も小さかった PKU-Tn法が野外測定において有用であることが示唆された。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350448724000167>

キーワード: 環境放射線, ラドン, トロン, アルファ線スペクトロメトリ

## **Continuing Steady Challenges Involved in the Lifting of Evacuation Orders after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident**

Yurie Kobayashi et al.,

Health Physics. 126, 4, 175-181, (2024)

福島第一原子力発電所事故以降、復旧復興に向けた努力が続いている。本論文は、汚染が生じた地域への段

階的かつ安全な帰還と、復興支援に向けた世界初の取り組み、特に日本政府による避難解除後の移行を含めた帰還のための戦略の実態を報告する。避難指示と避難解除の段階に応じた取り組みは時系列的に 2011 年の緊急時の段階、2013 年から 2020 年までの復興段階、2023 年からの全避難区域の解除に向けた段階の 3 段階に分類できる。政府による避難解除に向けた取り組みの中で、特に 2013 年から 2020 年までの復興段階において避難者数は大きく減少した(2013 年 5 月は 152,113 人→2020 年 5 月は 3,826 人)。復興支援を強化するとともに、具体的なコミュニティーづくり戦略を策定し、人々の交流を促進することで、福島県に対する公平かつ正確な理解を伝えることが重要である。

<https://journals.lww.com/health->

[physics/fulltext/2024/04000/continuing\\_steady\\_challenges\\_involved\\_in\\_the.1.aspx](https://journals.lww.com/health-physics/fulltext/2024/04000/continuing_steady_challenges_involved_in_the.1.aspx)

キーワード: 福島、復旧復興、避難

### **Evaluation of risks of cardiovascular disease from radiation exposure linked to computed tomography scans in the UK**

Colin J Martin et al

J. Radiol. Prot. 44 011513 (2024)

本研究では、メタ解析因子が正確で因果関係を表すと仮定して、これらの因子を用いて、身体および頭部の CT 検査による種々の循環器疾患(CVD)および脳血管疾患 (CeVD) の過剰死亡リスクを推定した。推計は、5 年半の間に 12 台の CT スキャナーで 105,574 人の患者に対して行われた CT 検査による心臓と脳への累積線量に基づいている。その結果、しきい線量をそれぞれ 200mGy と仮定するか 50mGy と仮定するかによって、CVD(CeVD を除く)による過剰死亡数は患者 10 万人当たり 0.6 人または 26 人、CeVD による過剰死亡数は患者 10 万人当たり 7 人または 26 人になる可能性が示唆された。これらの結果は、メタ解析で導き出されたリスク因子に依存しており、不確実性を含んでいる。今後は、罹患率に基づく調査を行うことによって、詳細な情報が得られるはずである。

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6498/ad2ebd>

キーワード: 循環器疾患 CT による被ばく線量 疫学調査

### **Newsletter 2024 年 2 月 28 日号**

(キーワード: 職業被ばく、中性子スペクトル、福島原発事故、高分子ゲル線量計)

### **Determination of exposure during handling of <sup>125</sup>I seed using thermoluminescent dosimeter and Monte Carlo method based on computational phantom**

Hosein Poorbaygi et al.

J. Radiat. Prot. Res. 48 (4),197-203, (2023)

目的

- ①<sup>125</sup>I シード線源を取り扱う作業従事者(医師、看護師等)の被ばく線量を測定する。
- ②TLD と物理ファントム、ボクセルファントムとモンテカルロシミュレーションで測定した結果を比較し、シミュレーションによる推定線量の妥当性を確認する

方法

TLD は Alderson-Rando ファントムの甲状腺、肺、目と皮膚表面の異なる層に設置した。<sup>125</sup>I シード線源を準備

し、線量校正器を用いてその放射能を測定し、Alderson-Rando ファントムから 20cm と 50cm の 2 つの距離に設置した。ボクセルファントムは VIP-Man ファントム、シミュレーションは Monte Carlo N-Particle Extended (MCNPX 2.6.0)コードを使用した。

#### 結果と考察

$^{125}\text{I}$  シードを頭部ファントムから 20cm と 50cm の 2 つの距離に置いた場合の等線量分布を測定したところ、目、皮膚、甲状腺、肺それぞれで線量低減が観察された。MC シミュレーションの結果、頭部近傍の位置(距離 20cm)では、水晶体、眼球、皮膚の吸収線量率はそれぞれ  $78.1 \pm 2.3$ 、 $59.0 \pm 1.8$ 、 $10.7 \pm 0.7 \mu\text{Gy/mCi/hr}$  であった。さらに、 $^{125}\text{I}$  シードを 30cm ずらすと、眼および皮膚の線量がそれぞれ少なくとも 2-3 倍減少することがわかった。甲状腺と肺における TLD の測定結果とシミュレーションの結果は一貫していた。一方で、眼では 4% から 13%、皮膚では 19% から 23%、TLD に対する MC 線量評価の相対的な差があった。この理由として、眼と皮膚では TLD の装着位置がシミュレーション上のファントムに比べて不確実性が高いため、これらの不正確さも許容できると考える。

#### 結論

ボクセルファントム等を用いて、 $^{125}\text{I}$  シード線源の取り扱いに携わる従事者の眼・皮膚への線量をモニターすることは、正確で安価な方法である。

<https://doi.org/10.14407/jrpr.2023.00255>

### **Design and validation of a single cylindrical neutron spectrometer using a gold activation foil**

Rasito Tursinah, et al.

Radiat. Meas., 171, 107053, (2024)

単方向の高フラックス中性子のスペクトルを測定できるよう、金放射化箔を用いた単円筒型中性子スペクトルメータ(SCNS)を開発した。直径 11 mm、厚さ 0.2 mm の金放射化箔 7 枚を、モデレータ内に深さが 1.5 cm、3 cm、4.5 cm、6 cm、9 cm、12 cm、および 15 cm の位置にそれぞれ設置した。モデレータは円筒型で直径 8 cm、長さ 16 cm でポリエチレン製であり、外側は 3 mm のホウ素ゴムと 0.5 mm のカドミウムからなる熱中性子シールドがあり、さらに厚さ 5 mm のアルミニウムケースで覆っている。Am-Be 線源に対する SCNS 内の 7 つの金箔のレスポンスは MCNPX 2.7 を用いて取得した。111GBq、 $6.6 \times 10^6$  n/s の Am-Be 線源を用いて 20 cm の位置に設置した SCNS を照射し、放射化した  $^{198}\text{Au}$  の放射能を Ge 半導体検出器で測定した。測定した放射能と MCNPX 2.7 のシミュレーションで取得済の検出器のレスポンスをアンフォールディングスペクトルプログラム (UMG-3.3) に適用して中性子スペクトルを求めた。SCNS の測定結果から得られたスペクトルとリファレンススペクトルを比較したところ、その差は約 3% であり、中性子スペクトルは良く一致した。以上から、SCNS が高フラックス中性子スペクトルを測定することが可能であることがわかった。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350448724000015>

### **Relationship between the Residual Cesium Body Contents and Individual Behaviors among Evacuees from Municipalities near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant**

Eunjoo Kim et al.

Health Phys. 126(3), 141-150, (2024)

本論文の著者は、福島第一原子力発電所(1F)事故以降、事故時に 1F 付近に居住していた人を対象にホールボディカウンター(WBC)を用いて内部被ばく線量を評価しその実態を解析している。本論文では、浪江町、双葉町、大熊町、富岡町の住民を対象に、2011 年 3 月 15 日の最大のプルームが発生した後の個人のセシウムに

よる被ばく線量と避難先との関係を検討した。検討に先だち避難した人々を、避難先と1Fとの距離に基づいてふたつのグループに分けた。2011年3月12日の15時の時点における避難先が1Fから25kmより遠いグループをG1、25km以内に避難したグループをG2とした。さらに、2011年3月16日0時における避難先に応じて7つのサブグループに分けた。本研究により主に次の4点が新たに示唆された。1) 浪江町と双葉町におけるG1とG2のCs-137の検出率は顕著に違いがあったが、大熊町と富岡町では違いはなかった。これはプルームが通過した経路と整合する結果であった。2) G2グループの預託実効線量の高パーセンタイルに該当する値は、すべての町においてG1グループにおける同様の値よりも高くなった。3) G1グループの中で県外に避難した人たちのサブグループでは預託実効線量が非常に低かった。このことは2011年3月12日および15日のプルームからほとんど被ばくしていないことを示唆している。4) 浪江町の避難した人の分析の結果、福島県の中部および北部の地域は比較的2011年3月15日の最大のプルームの影響を強く受けていることが示された。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38252947/>

### **Toward "on-line" X-ray computed tomography-based dosimetry using a new polymer gel with rapid response**

Hidenobu Tachibana et al.

Radiat. Phys. Chem., 218, 111570, (2024)

以前報告された X 線コンピュータ断層撮影(CT)ベースの高分子ゲル線量計は、測定・分析までに長い待ち時間を要した。現在の放射線治療の品質保証には、多次元システムにおける高効率と高精度の両方の測定が必要である。そこで、迅速な線量応答と室温での安定性を備えた新しい dGEL™X 線 CT ベースの高分子ゲル線量計を開発した。ここでは、このゲル線量計の特性評価と体積変調アーク治療 (VMAT) アプリケーションでの検証について報告する。

dGEL™のサンプルはすべて営利企業が製造したものである。最終的なゲル溶液は円筒形の瓶に注がれた。すべてのゲルイメージングは Varian TrueBeam コーンビーム CT システムを用いて行った。CT 数値の増加は照射されたゲル全体と同様であり、5-10Gy の放射線照射直後に 5HU の急速な増加が測定できることがわかった。バッチ内およびバッチ間の再現性は 5-35Gy の範囲で良好であったが、ゲルの上部と下部では有意差があった。ゲル応答は照射エネルギー(6MVと10MV)と線量率(400-2400cGy min<sup>-1</sup>)に依存しなかった。ゲル応答は35Gyまでは線量と正の相関があった。VMAT 照射は計画線量とよく一致し、アイソセンターとオフセンターの複数スライスで90%以上のガンマ線通過率を得た。ゲルは室温で固体であり、照射後にCT数が急速に増加するため、「オンライン」線量測定が可能であった。

<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.111570>

### **Newsletter 2024年1月24日号**

(キーワード:環境放射線、被ばく評価、診断参考レベル、原子力災害対策)

### **Natural Radioactivity of Granitic Rocks and Their Health Risk around Ingesana Mountains, Sudan**

Nooreldin Fadol, et al.

Health Phys. 126(1), 18–24, (2024)

建築材料として広く利用されているスーダンのインゲサナ山地の花崗岩に含まれる放射性同位元素<sup>40</sup>K, <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra及び非放射性元素を分析し、ヒト及び非ヒトに対する健康リスクを調査した。放射

性同位元素の放射能は、ゲルマニウム半導体検出器を用いて評価した。また、非放射性元素を蛍光 X 線分析で測定し、ピアソン相関分析を行って放射性核種と非放射性元素の関係を調べた。測定の結果、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  の平均値はそれぞれ  $25.13 \pm 5.22 \text{ Bq kg}^{-1}$ 、 $29.01 \pm 6.95 \text{ Bq kg}^{-1}$ 、 $323.07 \pm 97.83 \text{ Bq kg}^{-1}$  であった。これらは世界平均の制限値よりも低い放射能濃度であった。平均吸収線量は  $23.48 \pm 7.36 \text{ nGy h}^{-1}$ 、年間実効線量率は  $29.82 \pm 10.46 \mu\text{Sv y}^{-1}$ 、Ra 等価放射能は  $88.88 \pm 18.64 \text{ Bq kg}^{-1}$  であった。平均線量及び年間実効線量率は、世界平均の吸収線量率  $60 \text{ nGy h}^{-1}$  及び ICRP 基準の  $1.0 \text{ mSv y}^{-1}$  より低い値であった。Ra 等価放射能濃度は、UNSCEAR によって提案された建築材料の Ra 等価放射能濃度の最大基準( $370 \text{ Bq kg}^{-1}$ )よりも低い値であった。ピアソン相関係数の検定から、 $^{226}\text{Ra}$  と  $^{232}\text{Th}$  の間にはかなりの正の相関があり、 $^{226}\text{Ra}$  と  $^{40}\text{K}$  の間には緩やかな相関があることが示された。一方、 $^{226}\text{Ra}$  および  $^{40}\text{K}$  と非放射性成分との関連は確認されなかった。 $^{232}\text{Th}$  は、Ti、Fe、Ni と中程度の良好な関係を示した。これらの結果から、インゲサナ山地の花崗岩は建築材料として使用しても安全であり人体への脅威はないと考えられる。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37861441/>

### **Radiation dose to multidisciplinary staff members during complex interventional procedures**

Mussmann, B. et al.

Radiography 30(2), 512 – 516, (2024)

本研究の目的は、血管または神経インターベンション専用室で行われるインターベンション治療に携わる多職種スタッフの被ばく線量(水晶体)を測定することである。

甲状腺防護シールドに取り付けたワイヤレス電子線量計を用いて、成人患者の血管インターベンションおよび神経インターベンション手技に関与した全スタッフの個人被ばく線量を1年間にわたってリアルタイムで記録した。また、インターベンション専用室内の散乱線量を C-arm 付近で参考値として測定した。

調査の結果、99 件のインターベンショナル手技において各職種の被ばく線量を測定した。前立腺動脈塞栓術で医師の被ばく線量の中央値は  $15.0 \mu\text{Sv}$  と他の手技・職種に比べて高く、25%タイル値-75%タイル値も  $0.2\text{-}152.5\text{mSv}$  と非常に大きかった。子宮筋腫塞栓術を除くすべての手技において、医師の被ばく線量よりも放射線技師の被ばく線量の方が低かった。血管内大動脈修復術は他のインターベンション手技に比べ、放射線技師の被ばく線量の中央値が最も高く、 $0.1\text{-}36.1 \mu\text{Sv}$  の範囲で  $2.2 \mu\text{Sv}$  であった。参考地である C-arm 付近の散乱線量の中央値は  $670 \mu\text{Gy}$  であったが、すべての手技を合わせたスタッフの被ばく線量の中央値は  $3.2 \mu\text{Gy}$  であった。

本調査結果から、複数のスタッフの放射線量が測定され、スタッフの線量と基準線量計の線量の比から、一般的に遮蔽が適切に使用されていることが示された。一部の高線量処置は、特定のスタッフ、特に主に放射線科に従事していないスタッフに対してさらなる最適化の必要性が示唆された。本研究は、インターベンショナルラジオロジーにおけるスタッフの放射線防護を最適化するための監査や継続的な取り組みにおいて広く使用できるベンチマーク線量を提供するものである。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38241981/>

### **Radiological imaging protection: a study on imaging dose used while planning computed tomography for external radiotherapy in Japan**

Kito Satoshi et al.

J Radiat Res. rrad098, (2023)

これまでの研究では、主に放射線治療計画コンピュータ断層撮影 (RTCT) における撮影の質に焦点が当てられており、撮影線量に関する調査はほとんど行われていない。われわれの知る限り、本研究は、日本の施設における全国診断基準値 (DRL) を設定するためのベースラインデータを決定するために、RTCT における撮像線量を調査することを目的とした最初の研究である。調査票は 2021 年 10 月 10 日から 12 月 16 日の間に国内の RT 施設に送付された。アンケート項目は、体積 CT 線量指数 (CTDIvol)、線量-長積 (DLP)、および脳定位照射 (脳 STI)、頭頸部 (HN) 強度変調放射線治療 (IMRT)、肺定位体放射線治療 (肺 SBRT)、乳房温存放射線治療 (乳房 RT)、前立腺 IMRT プロトコルの自動照射画像制御 (AEC) または画像改善再構成オプション (IIRO) の使用を含む撮影パラメータであった。肺 SBRT におけるモーションマネージメント技術の使用に関する詳細を収集した。その結果、328 件の回答を集めた。CTDIvol の 75 パーセンタイル値は、脳 STI、HN IMRT、肺 SBRT、乳房 RT、前立腺 IMRT について、それぞれ 92、33、86、23、32mGy、DLP の 75 パーセンタイル値は、2805、1301、2416、930、1158mGy・cm であった。AEC または IIRO を使用した施設の CTDIvol および DLP 値は、ほぼすべての部位で使用しなかった施設より低かった。肺 SBRT の各治療手技における DLP の 75 パーセンタイルは、自由呼吸法、息止め法、ゲーティング法、リアルタイム腫瘍追跡法で、それぞれ 2541、2034、2336、2730mGy・cm であった。本データは、RTCT プロトコルの DRL の設定に役立ち、ひいては日本における撮像線量の低減につながるであろう。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38151953/>

### **Insights and viewpoints from a small-scale survey on current nuclear disaster preparedness measures in Japan after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident**

Hidenori Marui et al.

J Radiol Prot. 43(4), (2023)

本論文では、原子力防災政策の立案を担当する内閣府と JAEA の職員 20 名を対象に、アンケートにより現在の原子力防災計画について評価し、福島第一原子力発電所(1F)事故前との比較と現在の原子力防災計画に不足している部分の検討を行った。調査の結果、回答者の 3 割は原子力防災への人的および物質的資源の増加に好意的であった。一方で、それらの資源の調整などの組織的な対策の欠如を感じていることから、回答者の 6 割が資源の増加に否定的な感情を示した。さらに、回答者は避難所で生活する避難者の身体的、精神的影響に関する情報とともに、避難中の健康データの取得に強い関心を示した。本論文の検討は、将来の効果的な原子力防災計画の策定において役に立つと考えられる。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38052085/>

### **Newsletter 2023 年 12 月 27 日号**

(キーワード：中性子スペクトル、線量評価、原子力災害、細胞死)

### **Simulation of unfolding fast neutron spectrum from CR-39 track morphology**

Zhiling Li, et al.

Radiat Meas. 169, 1070151, (2023)

CR-39 の飛跡形態から中性子スペクトルを直接アンフォールディングするシミュレーションを行った。飛跡パラメータ (長軸、短軸、深さ) やポリエチレンの厚さ、エッチング時間などのアンフォールディン

グに影響を与える様々な要因を調査することを目的とした。モンテカルロコード Geant4 と陽子飛跡パラメータ計算プログラム TRACK\_P を利用して応答行列と飛跡パラメータのスペクトルをシミュレーションした。最尤期待値最大化 (MLEM) アルゴリズムを用いて、<sup>252</sup>Cf、D-D 核融合、<sup>241</sup>Am-Be、D-T 核融合の 4 つの中性子スペクトルに対するアンフォールディング手法の性能を検証した。結果、アンフォールディングスペクトルは理論値と良く一致した。飛跡パラメータは深さではなく長軸及び短軸を用いた方が中性子スペクトルのアンフォールディングに適していることが示唆された。高エネルギー中子の場合、厚いポリエチレン層が要求されることがわかった。さらにエッチング時間はアンフォールディングスペクトルに重要な影響は与えないことが分かった。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350448723001166>

### **Radiation doses to non-human species after the Fukushima accident and comparison with ICRP's DCRLs: A systematic qualitative review**

M. Takada and T. Schneider

Radioprotection 58(3), 181-195, (2023)

本論文では福島第一原子力発電所(1F)事故後における人以外の生物の被ばく線量評価に関する既往文献 27 本をレビューし、1F 事故が環境に与えた影響について検討した。既往文献にて推定された被ばく線量を ICRP Publ.108 で示された誘導考慮参考レベル(DCRLs)に基づいて整理した。ほとんどの線量は DCRLs の範囲内か下回ったが、事故直後においては大きく上回る場合もあった。調査した文献の半数は線量推定に焦点を当てていたが、半数は被ばくの影響に関する考察が含まれていた。影響としては染色体異常、形態異常、個体数減少などが観察され、被ばく線量に対応したそれらの影響は DCRL と整合することが示唆された。

[https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/full\\_html/2023/03/radiopro230019/radiopro230019.html](https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/full_html/2023/03/radiopro230019/radiopro230019.html)

### **Resilience after a nuclear accident: readiness in using mobile phone applications to measure radiation and health indicators in various groups (SHAMISEN SINGS project)**

Liudmila Liutsko et al.

J Radiol Prot. 43, 041511, (2023)

SHAMISEN SINGS project は放射線/原子力災害後に住民自らが携帯電話のアプリケーション(以下 app)を通して線量や健康指標などの情報を集め、復興への住民参加を促す方法を研究するプロジェクトである。

本調査の目的は以下 4 点である。①放射線量率を測定する app や健康指標を評価する app への意識。また調査参加者の放射線に関する知識レベルと情報源、②事故時に app を用いるレディネスと意向。③チェルノブイリや福島の事故の影響を直接受けた国(ベラルーシ、ウクライナ、日本:以下 DAA)とそうでない国(以下 Rest)の調査参加者で線量測定に関する認識の違い、④app への要望。

調査は世界中の国を対象に無記名の Web 調査で行われた。調査の結果 28 カ国、401 人の参加者(放射線関係職種、医療者、教育者、研究者等)がアンケートに回答した。

調査結果から、調査参加者は健康指標と放射線量測定のためのモバイルアプリを知っていて、利用もしているが、健康指標に関する app を好んで利用していることが示唆された。また、放射線量測定 app について DAA では 72%、Rest では 61%が使用の意向を示しており DAA と Rest で有意な差が見られた

( $p < .05$ )。線量測定アプリの利用意向は年齢とともに高まり、アプリの認知度に性差はなかったが、女性よりも男性の方が利用する傾向があった。app への要望として、環境や食品中の線量を測定できる機能の要望が多かった。

今後は、app に関する認識や嗜好などの個人差を考慮することが重要であり、すべての人に自己測定を勧めるのではなく、自身の精神状態に有益であると感じる人、および／または Citizen scientists としてボランティア活動を希望する人にものみ勧めるべきである。結論として、市民による放射線研究への参加は、難しいかもしれない。しかし、特に DAA 諸国の場合、環境中の線量や健康指標を測定することは、個人にとって有益であるだけでなく、環境や公衆衛生のモニタリングにも貢献するかもしれない。  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6498/ad115a/pdf>

### **Gamma-irradiated Aspergillus conidia show a growth curve with a reproductive death phase**

**Shigetoshi Horikiri, et al.**

J Radiat Res. rrad081, (2023)

本研究では、アスペルギルス分生子の発芽と菌糸成長に及ぼすガンマ線照射の影響を、顕微鏡法と微生物学的予測モデリング法を用いて評価した。0.4kGy の線量では、無処理の対照と比較して発芽率が 20% 低下し、高線量による相間死が示された。形成されたコロニー数 (5.5%) は発芽率 (69%) より低く、ほとんどのコロニーが発芽後に死滅したことが示唆された。顕微鏡観察の結果、菌糸の伸長は成長期の途中で完全に停止しており、生殖死滅を示していた。照射した分生子の成長曲線は、成長パターンの変化が遅れ、発芽初期と低密度での成長の間に傾きが減少した。亜集団の評価が可能な汎用成長モデルである修正ロジスティックモデルを用いて実験的成長曲線を当てはめた。線量に依存した波形の変化は、発芽・成長中の亜集団の動態を反映している可能性がある。これらの手法により、真菌分生子にガンマ線を照射した結果、2 つの細胞死集団が発生することが明らかとなり、真菌における照射誘起細胞死の理解に貢献することができた。

<https://doi.org/10.1093/jrr/rrad081>



## Newsletter 2023年11月22日号

(Keywords : チェルノブイリ事故、疫学調査、リスク評価、内部被ばく、線量評価)

### Public Perception and Communication Patterns Pertaining to Nuclear Power in Korea: Focusing on the Transition Period from Pro-nuclear to De-nuclear Policy

Eunok Han and Yoonseok Choi

J Radiat Prot Res. 47(4), 226-236, (2022)

韓国において原子力政策の急激な変化が起こるなかで、軋轢を生じさせないための方策として、原子力に対する国民の認識とコミュニケーションに関する変数の分析に基づくコミュニケーション戦略が設計されてきた。本研究では、アンケートと社会心理学の手法に基づいた意識調査を行った。調査の結果、原子力発電所立地地域における住民の「コミュニケーション」、「安全認識」、「関与」への意識は反対派よりも高かった。立地地域の住人は専門家や自治体を信頼しており、都市部の住人は規制当局や国の研究所を信頼しているという違いがあった。現行の原子力政策については、立地地域の住民および都市部の住民の両方が、もっとも優先すべきこととして安全と環境を選んだ。一方で、都市部の住民はエネルギーの安全政策と経済成長を重視するが、立地地域の住民の関心事項は使用済み核燃料の問題であるという差異も見られた。事業者は、本研究で得られた情報に基づき適切なコミュニケーション戦略を実施すべきである。

<https://www.jrpr.org/journal/view.php?number=1128>

### Dose-response analysis of protracted absorbed organ dose and site-specific cancer incidence in Sweden after the Chernobyl nuclear power plant accident

Tondel Martin, et al.

Environ Epidemiol. 7(6), e277, (2023)

チョルノービリ原子力事故による放射線曝露とがん罹患の関係をスウェーデンの北部地域で調べた研究。二百万人以上の住民を対象に症例対照研究がなされ、調整されたハザード比 (mGy あたり) が男性 : 1.027 (95%信頼区間 1.022,1.031)、女性 : 1.011 (95%信頼区間 1.006,1.017) とリスクが増加していた。見いだされたリスクは従来の知見よりも大きく、ハンターのライフスタイルを考慮した調整でもまだ残存しており、未調整の可能性を著者らは指摘するとともに、交絡因子の調整として事後分析の重要性を強調している。

<https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000277>

### Development of Respiratory Tract Organs for ICRP Pediatric Mesh-type Reference Computational Phantoms.

Chansoo Choi, et al.

Health Phys. 125(6), 434-445, (2023)

ICRP タスクグループ 103 の活動で、小児メッシュ型リファレンスファントムに使用するために新生児、1歳、5歳、10歳、15歳の男女の、胸腔外、気管支、細気管支、肺胞-間質領域からなる新しい呼吸器官臓器セットを開発した。

既存の ICRP Publication143 の小児ボクセル型リファレンスファントムには再現されていない臓器領域があることや、Publication 66 で規定された  $\mu\text{m}$  厚の標的および線源領域が含まれていないという欠

点があった。開発した呼吸器官は、そのボクセルファントムのトポロジーを維持しながら、解剖学的構造と詳細な構造を改善し、Publication 66 で規定された  $\mu\text{m}$  厚さの標的および線源領域を含めて構築した。

開発したファントムが線量評価に与える影響を調べるために内部被ばくにおける電子比吸収割合 (SAFs) を計算し、タスクグループ 96 の値と比較した。線源臓器である肺胞-間質領域を除き、小児メッシュファントムはタスクグループ 96 の比吸収割合よりも大きな値となり、最大で 3.5 倍程度であった。

<https://journals.lww.com/health->

[physics/fulltext/2023/12000/development\\_of\\_respiratory\\_tract\\_organs\\_for\\_icrp.18.aspx](https://journals.lww.com/health-physics/fulltext/2023/12000/development_of_respiratory_tract_organs_for_icrp.18.aspx)

### Relative efficiency of radiophotoluminescent glass dosimeters in a scanning pencil proton beam

Marija Majer, et al.

Radiat Phys Chem., Available online 11 Nov 2023, 111396

がん治療におけるハドロン治療、特に陽子治療の役割が高まるにつれ、重荷電粒子ビーム中のルミネッセンス検出器の線量評価が必要となる。線エネルギー付与(LET)に関連するイオン化密度は、重荷電粒子が物質を透過する際に変化する。したがって、使用する線量計の効率が LET の変化にどのように依存するかを評価することは極めて重要である。

本研究の目的は、100MeV のペンシル陽子ビームを照射したときの放射光ルミネッセンス(RPL)ガラス線量計(GD-352M 型)の相対効率を評価し、熱ルミネッセンス(TL)線量計(TLD-100 型)で得られた結果と比較することである。選択した線量計の位置における LET<sub>f</sub> と LET<sub>d</sub> を 2 つのモンテカルロコード(MCNP と PHITS)で評価し、比較した。線量計の効率を評価するためには線形線量応答が前提条件であり、まず陽子線における線量応答を評価し、<sup>60</sup>Co ガンマ線場における線量応答と比較した。

RPL では、陽子線およびガンマ線場において 9Gy までの直線的な線量応答が確認された。TLD では約 5Gy から超直線性が観察された。非変調陽子ビームのプラトー (LET<sub>f</sub> が 0.7keV/ $\mu\text{m}$  から 1.7keV/ $\mu\text{m}$  に相当) に沿って一定の相対効率が観察され、その平均値は RPL で  $1.00 \pm 0.02$ 、TL 線量計で  $0.97 \pm 0.02$  であった。LET<sub>f</sub>=2.3keV/ $\mu\text{m}$  のブラッグピーク内の RPL では 10%の相対効率低下が観察された。将来的には、より高エネルギーの陽子ビームとブラッグピークに沿った正確な位置決めを用いて、より高い LET 値に対する効率の評価に焦点を当てる予定である。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X23006424>

### Eye lens dose in spine surgeons during myelography procedures: a dosimetry study

Keisuke Nagamoto, et al.

J Radiol Prot. 43(4), Nov 16, (2023)

ミエログラフィー(脊髄腔造影)は以前から手術前の検査として行われており、MRI などによる検査がある一方で、ペースメーカー等を使用している患者にとっては有用な検査であるため、現在も行われている。本研究は、ミエログラフィーにおける脊椎外科医の水晶体被ばく線量 Hp(3)と防護メガネによる防護効果について明らかにした論文である。

11 人の脊椎外科医を対象に 2021 年 11 月から 2022 年 4 月までの期間で実施された 98 件のミエログラフィー(オーバーチューブ 40 件とアンダーチューブ 58 件)での被ばく線量を、ラジオフォトルミネッセンスガラス線量計を用いて調査している。調査の結果、術者の右眼の被ばく線量が高かった。オーバーチューブ時、アンダーチューブ時の右眼の被ばく線量はそれぞれ 524  $\mu\text{Sv}$ /検査、58  $\mu\text{Sv}$ /検査であつ

た。防護メガネの線量低減率はオーバーチューブ時、アンダーチューブ時いずれも右眼で 54%(中央値)であった。以上のことから、ミエログラフィー術者の水晶体の被ばく線量を下げするためには、術者は防護メガネを装着してアンダーチューブで検査を行うことが有用であると述べられている。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37944177/>

## Newsletter 2023 年 10 月 25 日号

(Keywords : 内部被ばく、緊急時対応、フォールアウト、線量シミュレーション)

### **The Identification, Diagnosis, Prospective, and Action (IDPA) Method for Facilitating Dialogue between Stakeholders: Application to the Radiological Protection Domain**

Jacques Lochard, et al.

J. Radiat. Prot. Res. 48 (3), 107-116, (2023)

本論文では、放射線防護分野における利害関係者間の対話を促進する手段として、識別 (Identification)、診断 (Diagnosis)、見通し (Prospective)、および行動 (Action) に基づく IDPA 手法を説明し、IDPA 手法を適用した 3 つの事例について解説している。3 つの事例はそれぞれ、放射線防護に利害関係者を参加させる際の IDPA 手法の適用、福島第一原子力発電所の事故後の課題調査のための一連の対話会議における IDPA 手法の適用、被害を受けたプラントに近い地域で長崎大学が主催した研修コースにおける適用である。これらの事例から、IDPA 手法は様々な課題について解決策に関する妥協点を見つけることに有効であることが示唆された。

<https://jrpr.org/journal/view.php?number=1145>

### **A Methodology for Calculating Inhalation Dose to Public Health Personnel Exposed to Material Resuspended from Evacuees Following the Detonation of a Fission Device.**

Anspaugh Lynn R, et al.

Health Phys. 125(4), 289-304, (2023)

核分裂事故後、被災地域外に設置される住民受け入れセンターに支援を求める汚染者が多数発生する可能性が高い。この論文では、粒子が再浮遊する可能性のある潜在的汚染者を受け入れ、支援するような施設の公衆衛生およびその他の対応要員の吸入線量を計算する方法を提供する。受け入れ施設は以下の 3 つのケースを想定し、基本ケースは、換気のないかなり狭い部屋。より現実的な推奨ケースは、フィルターを通して空気を再循環させる HVAC システムが稼働している中型の部屋。体育館ケースは、新鮮空気の取り入れのみとした。基本ケースの初期の保守的な数値解析では、対応要員への許容できない被ばくを避けるために到着者の事前スクリーニングを実施する必要性が示された。スクリーニング基準は  $1.67 \times 10^6 \text{ Bq m}^{-2}$  ( $10,000 \text{ dpm cm}^{-2}$ ) とした。空気中の放射性核種濃度、吸入による職員の被ばく線量、空気換気率や効率の異なるフィルターの使用によって被ばくとその p 結果生じる線量がどのように変化するかについての数値解析を行った。様々な到着時間、プルトニウム燃料とウラン燃料の両方の爆発についての線量を示した。呼吸保護具を使用しない場合の吸入線量の最大値は、基本ケースで  $0.23 \text{ mSv}$  であった。D+1 日目から被ばく線量に寄与する重要な核種は Np-239 と I-133 であり、D+30 日目では I-131 と Ba-140 が線量的に重要であった。不確かさが最も高い変数は、受け入れセンターに到着した人々による汚染の再浮遊に対する slough-off 係数であった。

<https://journals.lww.com/health->

[physics/fulltext/2023/10000/a\\_methodology\\_for\\_calculating\\_inhalation\\_dose\\_to.5.aspx](https://journals.lww.com/health-physics/fulltext/2023/10000/a_methodology_for_calculating_inhalation_dose_to.5.aspx)

### **Detection Limit of a NaI(Tl) Survey Meter to Measure <sup>131</sup>I Accumulation in Thyroid Glands of Children after a Nuclear Power Plant Accident**

Takahiro Kitajima and Michiaki Kai

J. Radiat. Prot. Res. 48(3), 131-143, (2023)

NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた簡易測定の結果に対する体表面(頸部及び胸部)に付着した放射性物質の影響を、PHITSを用いたシミュレーションにより明らかにした。体表面の汚染がない場合、検出限界は測定場所の周辺線量率のみに依存する。本研究の結果、1歳児(甲状腺深度3cm)において600-700Bqの残留甲状腺放射能が検出可能であることが示された。頸部体表面に40 Bq/cm<sup>2</sup>汚染された場合、今回のシミュレーションでは、甲状腺線量100 mSvに相当する残留甲状腺放射能が、周辺線量率0.2 μSv/hrでは摂取後21日以内に、2.0 μSv/hrでは11日以内に検出されることが示された。

<https://doi.org/10.14407/jrpr.2023.00199>

### Transfer of <sup>129</sup>I to freshwater fish species within Fukushima and Chernobyl exclusion zones

H Teien, et al

J Environ Radioact. 270, 107269, Online ahead of print (2023)

淡水から魚類への I-129 ヨウ素の移行と、福島およびチェルノブイリ立入禁止区域 (ChEZ) の魚類体内分布に関するユニークなデータが報告された。水、沈殿物および魚のサンプルは、福島の汚染された池である隠居坂と鈴内、汚染の少ない阿武隈川、およびチェルノブイリの汚染されたグルボコエ湖と汚染の少ないスタルカ湖で採取された。水中では、I-129 は主に低分子量 (LMM) と負電荷を帯びた種として存在し、ごく一部はコロイド分画 (おそらく水中の有機物) と会合していた。堆積物-水中 I-129 の見かけの分配係数  $K_d$  は 225 から 329 L/kg の範囲であり、安定ヨウ素と同じであったが、放射性ヨウ素の環境分布が安定ヨウ素や放射性セシウムと異なるため、I-129/I-127 比や I-129/Cs-137 比とは相関しなかった。淡水魚の筋肉中の I-129 の濃度比 (CR) は、水交換の限られた水域で 85 から 544 の範囲であり、福島とチェルノブイリで同様であったが、魚種によって異なっていた。したがって、これは <sup>129</sup>I の淡水魚への移行に関する初めての結果であり、淡水魚の CR が海産魚で報告されている CR よりも高いことを示している。しかし、魚の筋肉中の I-129 濃度は腸管内容物よりも低く、 $\delta^{13}C$  シグナルや生物浸食により、陸上由来の汚染された食餌成分の影響を示唆した。今回の結果は、魚類の放射線量が非常に不均一に分布していることを強調した。福島の池とチェルノブイリのグルボコエ湖で最も汚染された魚の I-129/I-127 原子比が  $10^{-5}$  であることから、 $10\mu\text{Sv/y}$  の放射線量であれば、魚の個体群に害はないと考えられる。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37579697/>

### Shielding Analysis of a Preclinical Bremsstrahlung X-ray FLASH Radiotherapy System within a Clinical Radiation Therapy Vault

A Rosenstrom et al.

Health Physics 125(4), 281-288, (2023)

スタンフォード大学と SLAC 国立加速器研究所では、12MV の制動放射線 X 線を用いて FLASH 線量率を生成する前臨床放射線治療システムを開発中である。アイソセンターでは  $6,800\text{Gy w}^{-1}$  という高い作業負荷が予想されるため、6MV の X 線用に設計された放射線治療保管庫で前臨床システムを運転する間、オペレータと公衆を保護するための効率的な遮蔽方法が必要である。本研究では、モンテカルロコード FLUKA と米国放射線防護・測定審議会報告書 151 に示された経験的方法論を用いて、局所治療ヘッドと放射線保管室の遮蔽を評価するための解析を行った。2 種類の治療ヘッド遮蔽設計を作成し、高い原子番号材料及び低い原子番号材料を用いた単層及び多層遮蔽方法を比較した。多層遮蔽の方法は、同じ大きさの単層設計と比較して、治療ヘッドから漏れる中性子フルエンスを 17% 減少させる設計であり、その結果、作業員と公衆の被ばく線量を減少させた。経験的手法で使用される保守的な仮定は、処理ヘッドがポリエチレンまたは多層遮蔽を使用する場合、過剰遮蔽につながる可能性がある。モンテカルロ法を用いて最適化した高元素/低元素を使用した多層遮蔽は、治療ヘッド遮蔽に有効であり、12MV 制動放射線を使用する外部ビーム放射線治療システムに対してより効果的な遮蔽設計を提供することが示された。治療頭部遮蔽におけるポリエチレンの効果を把握するために、MV 程度の放射線治

療システムの評価で使用される経験的手法の修正が正当化されるかもしれない。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37459481/>

## Newsletter 2023 年 9 月 6 日号

(Keywords : 放射線防護、線量評価)

### **On Several Problems in the System of Radiation Protection and Proposals for Recovering Its Rationality**

J. Tada, RADIOISOTOPES, 72, 141-147 (2023)

放射線防護の体系は過去半世紀に亘り発展されてきたが、まだ科学のおよび測定学的不合理性がある。この体系が抱えている問題点のうち、放射線防護の体系を、非常に低い線量にまで適用することと、本質的にあいまいな性質を持つ実効線量で、数値的に厳密な運用も必要になる線量制限の値を定めることについて議論し、放射線防護体系の合理性を回復させるための方策を提案する。

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/radioisotopes/72/2/72\\_720202/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/radioisotopes/72/2/72_720202/_pdf)

### **No increase in translocated chromosomal aberrations, an indicator of ionizing radiation exposure, in childhood thyroid cancer in Fukushima Prefecture**

A. Sakai et al., Sci Rep. 13(1),14254 (2023)

福島原子力発電所事故による放射線被ばくの影響を調査するため、災害後、福島県は地震当時 18 歳未満であった住民を対象に甲状腺超音波検査を開始した。小児甲状腺がんの発生率が予想より高かったため、末梢血リンパ球を用いた転座染色体 (Tr) 異常の頻度に基づく生物学的線量評価を実施した。Tr 形成頻度を、甲状腺がん (n = 38、年齢中央値 18 歳、年齢範囲 12~26 歳)、甲状腺関連疾患 (n = 30、年齢中央値 21 歳、年齢範囲 15~28 歳)、および健康な対照群 (n = 31、年齢中央値 22 歳、年齢範囲 20~23 歳) との間で比較した。Tr 異常の頻度は、当初、他の 2 つのグループよりも甲状腺がん有意に高かった。しかし、甲状腺がん群、甲状腺関連疾患群、対照群のそれぞれ 92%、67%、28%が以前に CT を受けていたため、CT スキャンの履歴を調整すると群間の差は消失した。したがって、初期の Tr 形成数の有意な差は、おそらく CT による放射線被ばくによるものと考えられる。それゆえ、小児および青少年の染色体に対する医療被ばくの影響には注意すべきである。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37652956/>



## Newsletter 2023 年 8 月 9 日号

(Keywords : 職業被ばく、生殖腺防護、胎児被ばく、医療被ばく、線量評価)

### **Trend and distribution analysis of occupational radiation exposure among medical practices in Chongqing, China (2008–2020)**

J Zhou, et al.

Radiat Prot Dosim. Jul 31, Online ahead of print (2023)

2008 年から 2020 年までの重慶市の医療放射線従事者(合計 6 万 8379 人)の個人線量を調査、分析した研究。結果は次のとおり。放射線業務従事者の数(特に女性)は年々増加した。2008 年から 2020 年までの年間平均実効線量は減少傾向を示した ( $P < 0.0001$ )。2020 年の重慶市の医療放射線従事者の平均年間実効線量は 0.4482mSv で、放射線従事者の 94.73%が公衆の線量限度より低い値であったと報告している。著者は、さらに次の項目を実施し個人線量を合理的に達成可能な最低レベルに保つ必要がある、と結論付けている。監督と管理をさらに強化すること、労働者の放射線防護に対する意識を向上させること、線量モニタリング手段を充実させること、防護施設を改善すること。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37526057/>

### **Patient shielding during dentomaxillofacial radiography: Recommendations from the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology**

E Benavides et al.

J Am Dent Assoc. 154(9), 826-835.e2. (2023)

背景: 米国口腔顎顔面放射線学会は、歯顎顔面領域の X 線撮影の際に利用する患者の遮蔽具の適用に関する証拠に基づく推奨事項と臨床ガイドランスの草案を作成するための特別委員会を設立した。

レビューされた研究の種類: 委員会は、放射線防護団体の論文や報告書、および歯顎顔面画像の撮影時の生殖腺、乳房、甲状腺への放射線量を報告した研究をレビューした。

結果: ヒトにおける放射線誘発性の遺伝的影響がないこと、及び歯顎顔面領域の X 線撮影による生殖腺および胎児への線量が無視できる程度であることを考慮して、委員会は、すべての歯顎顔面領域の X 線撮影中に生殖腺、骨盤、及び胎児への遮蔽を中止することを推奨する。同委員会は、歯顎顔面領域の X 線撮影による放射線量に基づいて、甲状腺がんのリスクは無視できるものであると考え、口腔内、パノラマ、セファロ、およびコンビームコンピュータ断層撮影画像撮影中に甲状腺遮蔽を使用しないことを勧告した。

実践的な意味: この見解表明は、進化する放射線防護の実践について示し、歯科従事者にこれらのガイドラインを実施するための指針を提供する。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37530694/>

### **Characterization of a thin photodiode as a routine dosimeter for low-dose radiation processing applications**

Josemary A.C. et al.

Radiation Physics and Chemistry,198,110200 (2022)

Co-60 工業施設におけるルーチン線量計として市販されている PIN フォトダイオードを用いた線量評価システムの特性について報告する。線量率応答(繰り返し性,再現性,角度依存性)と線量応答(線量率と積算線量の両方に対する依存性)の主要なパラメータを調べた。得られた結果は、線量率 3.7-52.8Gy/h,

線量 200Gy までの範囲において、放射線治療の線量計測のために確立された標準プロトコルに完全に適合している。ルーチン線量計としてのダイオードの性能は、ラジオクロミックフィルムやアラニン線量計との総合的な一致によって検証された。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X22002420>

### **Characterization of Thermoluminescent Dosimetry Systems According to the IEC 62387:2020 Standard**

N Krzanovic et al.,

Health Physics 125(3):186-197,(2023)

IEC 62387:2020 に記載された個人、職場、環境モニタリング受動線量測定システムの許容基準の変更、および ISO 4037:2019 に定義された放射線防護で使用される参照野に関する変更に伴い、ヴィンカ原子力科学研究所の認定業務で使用される個人モニタリングシステムの詳細な試験の必要性が認識された。個人モニタリングに使用される受動線量測定システムによって取得される線量データの信頼性と精度は、型式試験を実施することによって保証される。このようにして、さまざまな放射線影響量の影響が調べられる。LiF:Mg,Ti(TLD-100)検出器カードを 2 種類のホルダモデル(8814 と 8850)と Harshaw TLD Model 6600 Plus 自動読取装置で構成されるパッシブ線量測定システムを試験した。40keV から 1.25MeV までの幅広い光子エネルギー、 $\pm 45^\circ$  と  $\pm 60^\circ$  の入射角 (線量計の垂直方向と水平方向の両方)、0.05mSv から 1Sv までの線量範囲で試験を行った。両線量計システム構成は、IEC 62387:2020 に準拠し、試験された影響量の必須範囲内で性能を発揮します。8850 ホルダタイプを使用した線量計では、低エネルギー範囲における応答のエネルギー依存性と角度依存性があまり顕著でなかった。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37352507/>

## Newsletter 2023 年 7 月 26 日号

(Keywords : 放射能汚染、環境放射能、線量評価、放射線防護)

### Chornobyl radiation spikes are not due to military vehicles disturbing soil

M.D. Wood, et al

J Environ Radioact. online 21 June 2023

2022 年 2 月 25 日、チェルノブイリ事故警戒区域 (CEZ) 内でガンマ線量の増加が報告された。これは、ロシアの軍用車両が隣国ベラルーシから CEZ のウクライナ側区域に入った時期と一致した。車両の移動による汚染土壌の再浮遊、またはチェルノブイリ原子力発電所からの漏出が、このような線量率の急上昇の原因ではないかと推測された。CEZ のガンマ線量率モニタリングネットワークは、環境への放射能放出に対する重要な早期警告システムであり、原子力施設の国際保障措置の一部である。CEZ でのさらなる軍事行動の可能性と原子力の安全性に対する懸念から、このような異常な測定値を調査することは不可欠である。我々は、ガンマ線量率の上昇を説明するために提案された仮説を評価し、軍用車両による土壌再浮遊も、チェルノブイリ原子力発電所からの漏出も、妥当ではないことを示した。しかし、CEZ にあるガンマ線量率モニタリングネットワークからの無線信号を受信していたチェルノブイリ基地局が妨害されたことが、記録された線量率の上昇を説明できる可能性がある。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37352719/>

### Soil dust and bioaerosols as potential sources for resuspended $^{137}\text{Cs}$ occurring near the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant

M Ota, et al

J Environ Radioact. online 11 May 2023

福島第一原子力発電所 (FDNPP) 事故で放出された放射性核種による放射線被ばくの現在の経路の一つは、大気中に再浮遊した  $^{137}\text{Cs}$  の吸入である。風による土壌粒子の再浮遊が主要な再浮遊メカニズムとして認識されているが、FDNPP 事故後の研究により、バイオエアロゾルも農村部における大気中  $^{137}\text{Cs}$  の潜在的な供給源となり得ることが示唆されている。本研究では、 $^{137}\text{Cs}$  を含むバイオエアロゾルの大気中への放出源の潜在的な候補と考えられている、土壌粒子と真菌の胞子の形のバイオエアロゾルとしての  $^{137}\text{Cs}$  の再浮遊をシミュレートするモデルを提案する。このモデルを FDNPP 近傍の帰還困難区域 (DRZ) に適用し、2 つの再浮遊メカニズムの相対的な重要性を評価した。モデル計算の結果、土壌粒子の再浮遊が冬から春に観測された大気中  $^{137}\text{Cs}$  の原因であることがわかったが、夏から秋に観測された高い  $^{137}\text{Cs}$  濃度は説明できなかった。より高い  $^{137}\text{Cs}$  濃度は、 $^{137}\text{Cs}$  を含むバイオエアロゾル (真菌の胞子) の放出が、夏・秋の低レベルの土壌粒子再浮遊を補充することによって再現された。モデル結果は、真菌の胞子への  $^{137}\text{Cs}$  の蓄積と、農村環境に特徴的な胞子の大量放出が、大気中の生物起源  $^{137}\text{Cs}$  の存在の原因である可能性が高いことを示しているが、前者については実験的に検証する必要がある。土壌粒子の再浮遊が支配的である都市部の再浮遊係数 ( $\text{m}^{-1}$ ) を適用すると、地表大気中  $^{137}\text{Cs}$  濃度の推定に偏りが生じる可能性があるからである。さらに、バイオエアロゾル  $^{137}\text{Cs}$  の大気中  $^{137}\text{Cs}$  濃度への影響は、DRZ 内に汚染されていない森林が一般的に存在するため、より長く続くと考えられる。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X23000917>

## **A Source-Related Approach for Discussion on Using Radionuclide-Contaminated Materials in Post-accident Rehabilitation**

K Miwa, et al

J. Radiat. Prot. Res, 48(2), 68-76, 2023

放射線災害により発生した汚染物品の物量低減策として再生利用が挙げられる。汚染物品の再生利用にあたっては体系的な放射線防護の戦略が必要である。しかし、既存の ICRP 勧告等に示された放射線防護の考え方だけでは、現場において取りうる防護策に解釈の幅があるのが現状である。そこで本研究では、汚染物品を再生利用する際に取りうる線源関連の管理のアプローチの多様性を 5 通りに整理した。そのうえでケーススタディとして想定されうる 2 つの再生利用事例について、整理した線源関連のアプローチに基づき防護に用いる具体的な基準値を選定した。

<https://www.jrpr.org/journal/view.php?number=1137>

## Newsletter 2023 年 7 月 12 日号

(Keywords : リスク評価、線量評価、内部被ばく、放射線防護)

### **The scientific basis for the use of the linear no-threshold (LNT) model at low doses and dose rates in radiological protection**

D Laurier, et al

J Radiol Prot. 43(2). 024003 (2023)

LNT モデルは約 60 年前に放射線防護システムに導入されたが、このモデルとその放射線防護への利用については今日でも議論が続いている。この記事では、過去 10 年間に蓄積された放射線生物学研究および疫学の結果の概要を示し、低線量での放射線関連発がんリスクの評価における LNT モデルの使用について議論する。放射線生物学では、一部のメカニズムが線形性をサポートしないものの、がん発生の早期段階である突然変異は、10 mGy という低線量から線形応答を示すことを示されている。疫学では、100mGy 以下の線量レベルでの過剰発がんリスクが示されている。最近の研究結果では、がん種によっては非線形の線量関係を示すものもあるが、全体として LNT モデルは低線量におけるリスクを大幅に過大評価していない。放射線生物学や疫学における最近の結果は、閾値があるとすれば、数 10 mGy を超えることはないことを示唆している。現在利用可能な科学的知識は、放射線防護システムにおける放射線関連発がんリスクの評価において LNT モデルの使用と矛盾していないと結論づけている。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37339605/>

### **SUMRAY: R and Python Codes for Calculating Cancer Risk Due to Radiation Exposure of a Population**

M Sasaki, et al

J Radiat Prot Res. 48(2), 90-99 (2023)

本研究では、不確実性を考慮した放射線被ばくによる発がんリスク予測に使用する計算コード SUMRAY の開発を目的とする。SUMRAY には R と Python で書かれた 2 つのバージョンのコードがある。SUMRAY で使用されるリスクモデルは、広島・長崎の原爆被爆者のコホートで公表されたものである。評価されたリスクに関連する信頼区間は、モンテカルロ法によってリスクモデルパラメータの推定値の統計的な不確実性を伝播させることによって導出した。SUMRAY は、ユーザーが指定した被ばくシナリオにおいて、ある年齢までのがん死亡するあるいは罹患する確率を計算する。結果は、RadRAT を使用して計算された結果と比較され、推定された信頼区間内で合理的な一致が示された。

<https://www.jrpr.org/journal/view.php?number=1139>

### **Influence of Body Posture on Internal Organ Dosimetry: Radiocesium Exposure Modeling Using Novel Posture-dependent Mesh Computational Phantoms**

LM Carter, et al

Health Phys. 125(2), 137-146 (2023)

現在の内部被ばく線量評価では線量付与期間中、直立姿勢が維持されることを想定している。最近メッシュタイプの ICRP 標準ファントムがさまざまな体位に変換されたため、本研究ではこのファントムシリーズを RI 摂取後の臓器線量推定に適用した。特に姿勢による影響が大きいと考えられる <sup>134</sup>Cs および <sup>137</sup>Cs の摂取について、ICRP Publication 137 の可溶性セシウム摂取の全身動態モデルを用いて、50 年間の時間積分放射能係数を計算した。平均姿勢時間配分は、公表されている調査データから採用

し、姿勢加重係数を導入した。臓器吸収線量係数は PHITS を用いて計算し、これに組織加重係数を考慮して預託実効線量 (Sv Bq<sup>-1</sup>) を求めた。137Cs の摂取の場合、臓器吸収線量係数のほとんどは、立位の場合と比較し座位や臥位で若干高い程度であった。134Cs の摂取の場合、座位や臥位の臓器吸収線量係数は立位の場合と比較し大きい値を示したが、その差はわずかであった (ほとんどの臓器で約 8% 未満)。体位は、34Cs および 137Cs の摂取に対して臓器の吸収線量係数および預託実効線量にわずかな影響を与える。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37195207/>

### **Assessment of Protective Action Decision Making during Nuclear Power Plant Biennial Exercises**

T Smith, et al

Health Phys.125(2), 109-122 (2023)

原子力発電所の放射線緊急事態に対する計画は、避難や屋内待機などの迅速な防護行動の実施を提供する。重大な放射線物質の放出が発生した場合、現地対策本部は原子力災害対策本部に対して防護措置の必要性を勧告する。原子力災害対策本部は防護措置の決定を下し、国民に対して防護行動の必要性を通知する。防護措置の必要性の勧告と決定は、米国においては Environmental Protection Agency の protective action guides に基づいている。protective action は、保守主義に基づき、他の要因とバランスをとりながら、有害性よりも有益性を高めるように作られている。しかしながら、保守主義の導入により、防護措置に固有のリスクが発生する可能性がある。本研究では、防災演習での防護措置勧告と防護措置決定が protective action guides にどの程度合致しているか及び予防的防護措置とヨウ化カリウムの使用について調査し評価した。解析の結果、決定された防護措置は勧告を上回り、その結果避難者数が増加した。しかしながら、防災演習時の線量予測データは、protective action guides を考慮した場合このような避難者数の増加は支持しないと評価できる。

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37204327/>