

平成30年度 業務実績について

令和元年7月19日

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

評価単位 3 : 放射線影響・被ばく医療研究

放射線医学総合研究所

評価単位3：放射線影響・被ばく医療研究

【目次】

中長期計画	1
ロードマップ	2
I.1.(3) 放射線影響・被ばく医療研究	
1) 放射線影響研究	3
2) 被ばく医療研究	10
基本データ、評価指標及びモニタリング指標	16
研究開発に対する外部評価結果、意見等	17
自己評定	18

中長期計画

I.1. (3) 放射線影響・被ばく医療研究

1) 放射線影響研究

- 年齢や線質、また生活習慣要因を考慮した発がん等の放射線影響の変動に関する実証研究を行い、動物実験等の成果や疫学的データを説明できるリスクモデルを構築する。実施に当たっては、様々な加速器等を用いた先端照射技術も活用する。
- 特に次世代ゲノム・エピゲノム技術及び幹細胞生物学の手法を取り入れ、放射線被ばくによる中長期的影響が現れるメカニズムに関する新知見を創出する。
- また、学協会等と連携して環境放射線や医療被ばく及び職業被ばく等の実態を把握して、国民が受けている被ばく線量を評価し、線量低減化を目的とした研究開発を行う。
- さらに、国内外の研究機関や学協会等と連携して、放射線影響に関する知見を集約・分析し、取り組むべき課題を抽出するとともに課題解決のための活動を推進する体制の構築を目指す。この一環として、国内外の放射線影響研究に資するアーカイブ共同利用の拠点の構築を図る。

2) 被ばく医療研究

- 放射線事故や放射線治療に伴う正常組織障害の治療及びリスクの低減化に資する先端的な研究を行う。特に、高線量被ばくや外傷や熱傷を伴った被ばくの治療に再生医療を適用してより効果的な治療にするため、幹細胞の高品質化や障害組織への定着等、新たな治療法の提案等について研究開発を行う。
- 大規模な放射線災害時を含む多様な被ばく事故において、被ばく線量の迅速かつ正確な評価及びこれに必要な最新の技術開発を行う。すなわち、体内汚染の評価に必要となる体外計測技術の高度化やバイオアッセイの迅速化、シミュレーション技術の活用による線量評価の高度化、放射線場の画像化技術の開発、染色体を初めとした様々な生物指標を用いた生物線量評価手法の高度化等を行う。
- さらに、放射性核種による内部被ばくの線量低減を目的として、放射性核種の体内や臓器への分布と代謝メカニズムに基づく適切な線量評価の研究を行うとともに、治療薬を含めて効果的な排出方法を研究する。アクチノイド核種の内部被ばくに対処できる技術水準を維持するための体制を確保する。

ロードマップ概要

	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34
(1)放射線影響研究	放射線によるゲノム変異、がん標的幹細胞探索、生活習慣の放射線影響修飾評価			放射線発がんの機構解明とモデル化、リスク低減の評価			
	環境、宇宙、医療放射線の測定技術の開発・標準化、実態調査及び線量評価						
	研究基盤の立ち上げ、アーカイブ構築		研究基盤の運用、アーカイブの利用				
(2)被ばく医療研究	幹細胞を含む放射線障害治療法シーズの探索・検証			組織再生法の開発・幹細胞利用技術の高度化			
	放射線障害因子の同定と定量解析・放射線誘発腫瘍モデル動物の解析					障害因子の制御	
	放射性物質の体内動態解析と体内除染技術の開発研究						
	多様な被ばく事故に対する線量評価手法の開発及び高度化						国内展開・標準化

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (1 / 7)

■ 中長期計画

- 年齢や線質、また生活習慣要因を考慮した発がん等の放射線影響の変動に関する実証研究を行い、動物実験等の成果や疫学的データを説明できるリスクモデルを構築する。実施に当たっては、様々な加速器等を用いた先端照射技術も活用する。
- 特に次世代ゲノム・エピゲノム技術及び幹細胞生物学の手法を取り入れ、放射線被ばくによる中長期的影響が現れるメカニズムに関する新知見を創出する。
- また、学協会等と連携して環境放射線や医療被ばく及び職業被ばく等の実態を把握して、国民が受けている被ばく線量を評価し、線量低減化を目的とした研究開発を行う。
- さらに、国内外の研究機関や学協会等と連携して、放射線影響に関する知見を集約・分析し、取り組むべき課題を抽出するとともに課題解決のための活動を推進する体制の構築を目指す。この一環として、国内外の放射線影響研究に資するアーカイブ共同利用の拠点の構築を図る。

■ 年度計画

- ① 動物実験で得られた腫瘍の病理解析により、年齢ごとに臓器別の生物学的効果比の評価、放射線発がん影響の修飾の効果を確かめる動物実験の継続。
- ② 次世代ゲノム・エピゲノム技術等による放射線誘発腫瘍の被ばく時年齢の影響の解析、乳腺などの幹細胞の評価実験、遺伝子改変動物の発がん実験の継続。
- ③ 国民が受けている被ばく線量の把握のため、環境放射線の計測技術の開発及び調査並びに職業被ばくに関する調査、医療被ばくの把握のための線量評価法の開発、CT撮影や画像診断的介入治療（IVR）による患者の被ばく評価手法の開発。
- ④ 放射線影響や防護に関する課題解決のためオールジャパンの委員会で重点研究課題抽出。動物実験アーカイブの登録と公開用システムの一部運用開始。
- ⑤ 放射性廃棄物による長期被ばく線量評価に資するための生活圏に放出された放射性核種の移行挙動の解析。

■ 年度計画の達成状況（業務実績）

- ① 年齢、線質に関する動物実験では、マウスの寿命短縮の生物学的効果比の統計解析、リンパ腫・甲状腺がん・肝がんの年齢別リスク解明のための病理解析、重粒子線照射した髄芽腫モデルマウスの飼育観察を継続した。放射線発がん影響の修飾の効果では、被ばく後の妊娠経験が放射線誘発乳がんリスクを抑制する効果とそのメカニズムに関する論文発表（Scientific Reports、平成30年9月、IF=4.1、プレス発表 平成30年11月）、生活リズムの乱れや心理的ストレスの影響を確かめる動物実験の長期飼育を継続及び順次解析、高脂肪餌の子世代への影響を調べる実験の継続、エンリッチ環境のアポトーシス促進効果の論文投稿を実施したほか、妊娠後の被ばくによる乳がん予防に関して解析を継続した。

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (2/7)

■ 年度計画の達成状況 (業務実績)

- ② 次世代ゲノム・エピゲノム技術等による被ばく時年齢や線質の影響解析では、**修復遺伝子欠損マウスのリンパ腫のゲノム異常**に関する論文 (Carcinogenesis、平成31年1月、IF=5.1、プレス発表平成31年3月)、及び中性子誘発乳がんの病理及びゲノム変異に関する論文 (Anticancer Research、平成31年2月、IF=1.9) が公開されたほか、マウス胸腺リンパ腫発生に関するエピゲノム影響解析、消化管腫瘍の放射線に起因するゲノム変異を評価する手法の開発、リンパ腫・乳がん・肝がんのゲノム解析を継続した。幹細胞については、ラット乳腺幹細胞系のコロニー形成能解析、照射後のマウス髄芽腫発生や胸腺細胞・微小環境の動態解析、遺伝子改変ラット乳がんの解析を継続した。
- ③ 環境放射線に関しては、ラドン・トロン別弁型モニターを用いた屋内濃度調査を論文に発表 (Radiation Protection Dosimetry、IF=0.8) し、高自然放射線地域の空間線量率調査、宇宙環境放射線の計測実験、さらにラドンデータを利用した地震発生予測手法の開発を進めた。計測技術の開発及び調査では、不溶性セシウム含有粒子の体内動態に関する開発研究の論文 (Journal of Nuclear Science and Technology、平成30年10月、IF=0.8)、**高分子系飛跡検出器等の高度化**に関する論文 (Journal of Physical Chemistry C、平成30年11月、IF=4.5) など計16報を発表した。
- 職業被ばくに関しては、金属資源採掘による職業被ばく線量評価を進めた。
- 医療被ばくに関しては、3次元ゲル線量計による標的アイソトープ治療に対する線量検証法の開発や人体ボクセルファントムを用いた線量評価法を開発し、画像診断的介入治療 (IVR) 患者の被ばく線量評価、医療従事者の水晶体被ばく線量評価を行った。**CT撮影による被ばく線量を計算・収集するツール**の開発を継続すると共に、IVRによる患者の被ばく線量評価手法の開発とWEBブラウザを用いた簡易計算システムの開発を進めた。患者被ばく線量を計算・収集するツールについて**広島大学病院とシステム試験を開始**した。
- ④ オールジャパンの放射線リスク・防護研究基盤運営委員会で具体的な重点研究課題として「動物実験と疫学研究結果の放射線防護基準への統合的適用」を選定した。動物実験アーカイブに約1.1万枚の病理標本を追加登録し、公開用システムでの一部サンプルの検索・閲覧の運用開始及び関連論文の投稿を行った。
- ⑤ 放射性廃棄物による長期被ばく線量評価に資するため、生活圏に放出された放射性核種の移行挙動の解明を進め、土壌から玄米・白米へのプルトニウム及びランタノイドの移行割合に関する論文 (Journal of Environmental Radioactivity、IF=2.3) を発表した。

■ 年度計画を上回る成果

- 低線量率被ばくの発がん影響の解析を、ラット乳腺、マウス寿命短縮、甲状腺、消化管について継続した。**被ばく後に発生する乳がんは、妊娠・出産経験によってリスクが低下**することを明らかにし、また、少ない線量を長い時間浴びるいわゆる「じわじわ」被ばくの**乳がんリスク**について、**閾値線量率と年齢差がある**ことを世界で初めて解明し、ラット乳腺の論文が受理 (Radiation Research、平成30年12月、IF 2.5、プレス発表 (平成31年2月)) された他、**放射線規制の科学的基盤を担う国際組織ICRPへの情報提供**を行った。

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (3 / 7)

【代表的な実績例】

- 幼少期に高線量の放射線に被ばくしても、その後に妊娠・出産を経験すると乳がんのリスクがあまり増加しないことが、実験でわかった。
- 被ばく後に妊娠・出産を経験したラットでは、血中のプロゲステロンというホルモンの量が低下していた。
- 妊娠・出産経験後におこるホルモンなどの体内の変化を模擬することにより、被ばく後の乳がんのリスクを低下させる薬などを開発する手掛かりになることが期待される。

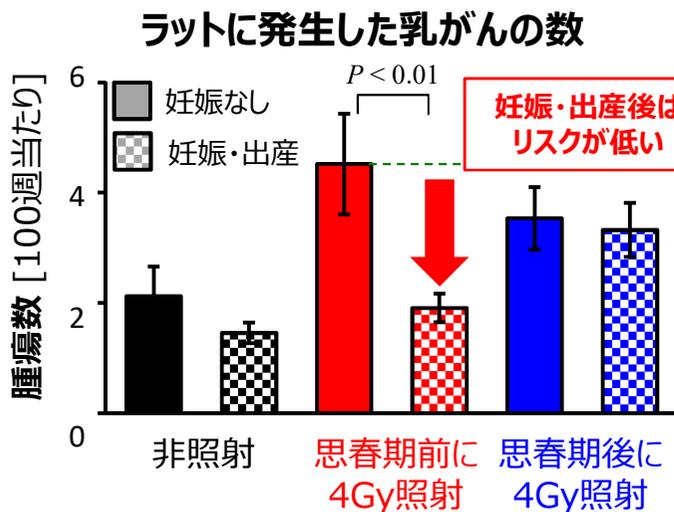
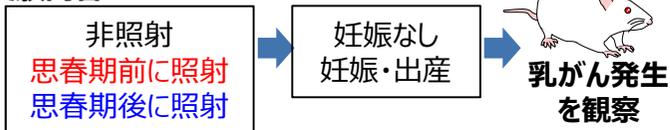
被ばく後の乳がん 妊娠・出産経験によってリスク低下
 —ラットの実験でメカニズムも解明 乳がんリスクを低減する薬など開発の手がかりに—



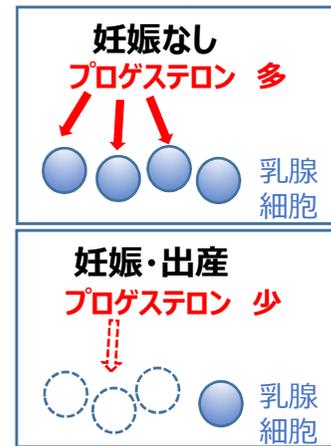
放射線被ばく後の乳がんリスクと妊娠・出産経験の関係は、よくわかっていない

- プレス発表 (2018/11/15)
共同通信配信
日経新聞等掲載
- Scientific Reports (IF 4.1)
2018年9月 オンライン掲載

実験内容



さらに、この時、血中の**プロゲステロン** (乳腺細胞を増殖させるメッセージ物質) が低く抑えられていることも確認



この仕組みを模擬した薬などの開発の手がかりにも

今後は、妊娠・出産後の被ばくについて調べる

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (4 / 7)

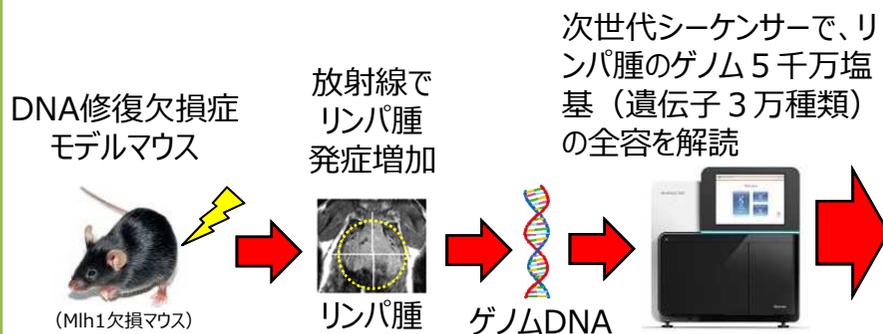
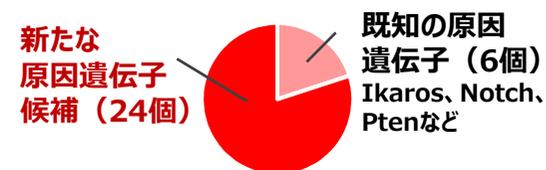
【代表的な実績例】

- 次世代シーケンサーにより、DNA修復欠損症モデルマウスのリンパ腫でヒトのリンパ腫と同じ原因遺伝子を含む30個の遺伝子のゲノム変異を発見。
- 放射線被ばくによりリンパ腫の発症率が上昇するにもかかわらず、変異の数や種類は被ばくしない場合と同じであることがわかった。

DNA修復欠損マウスのリンパ腫のゲノム変異を世界で初めて次世代シーケンサーで解明
-放射線によるリンパ腫発症機構に新知見-

ヒトの遺伝的DNA修復欠損症患者は、リンパ腫を好発するものの、患者数が少なく研究が不十分で、原因遺伝子の全容や、被ばくの影響は、わかっていなかった。

・モデルマウスを用いて、ヒトのリンパ腫で既知の原因遺伝子を含む、30個の遺伝子のゲノム変異を発見した。

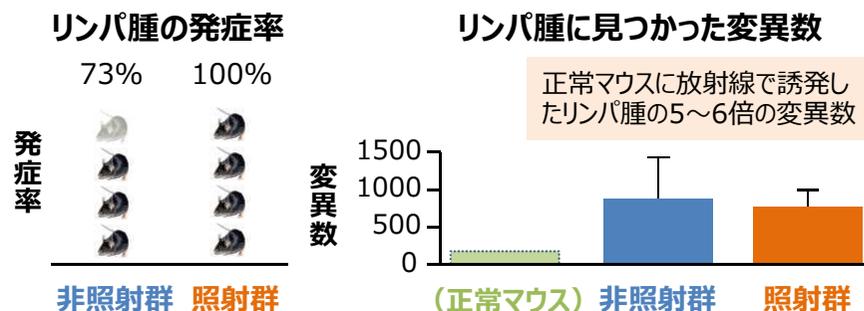


次世代ゲノム技術により、非照射群と照射群に発生したリンパ腫の遺伝子変異情報を解読

Carcinogenesis (IF 5.1)
 2019年2月 オンライン掲載
 ・プレス発表 (H31年3月)

(弘前大学、北海道科学大学との共同研究)

ヒトの遺伝的DNA修復欠損症のリンパ腫の治療に役立つ成果



・被ばくした場合、リンパ腫の発症率は1.4倍程度に増えるが、遺伝要因の影響が大きいため変異の数や種類は被ばくしない場合と同じだった。

今後は、乳がん、肝がん、肺がんなどを調べる

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (5 / 7)

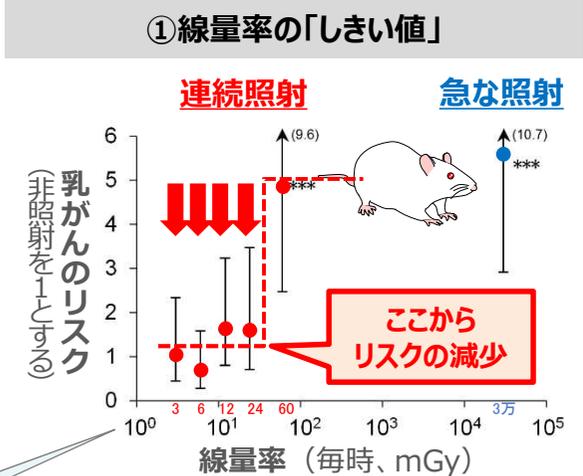
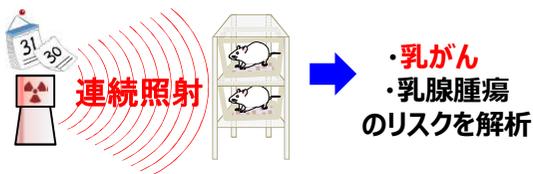
【代表的な実績例】

- じわじわ被ばくによる乳がんリスクは、一般に小さいと考えられているが、知見の少ない、線量率と発がんリスクの関係を調べた。
- 合計の被ばく線量を様々な線量率で被ばくさせたラットに、乳がんがどのくらい発生するか、また子どもと大人の影響の違いも調べた。

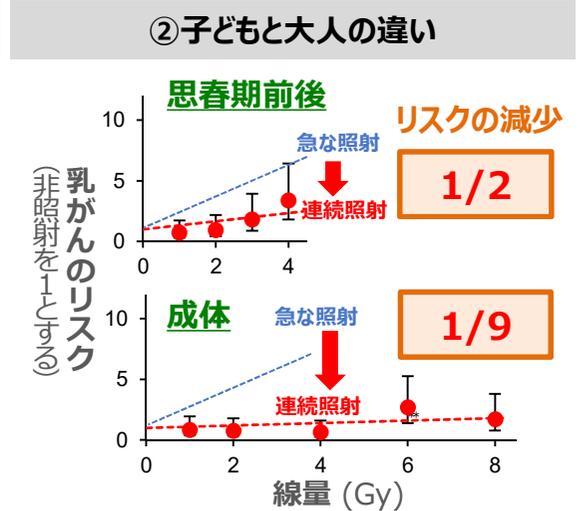
「じわじわ」被ばくの乳がんリスク、線量率の「しきい値」と年齢差を世界で初めて解明
 —ラットで実験 リスクの減少は大人で大きく、子どもで小さい—

じわじわ被ばくによる乳がんリスクは、低線量率では小さいと考えられているが、線量率依存性と子どもへの影響は不明だった。

- ① 線量率を変えて照射。合計線量は一定。
- ② 子どもと大人に照射。合計線量を変え、線量率は一定。



合計4Gyを様々な線量率で照射。低い線量率 (毎時3~24mGy) では、リスクはほとんど増加しない



低線量率 (毎時6mGy) で様々な線量を照射すると、成体の方がリスクが低い

Radiation Research (IF 2.5)
 2019年1月 オンライン掲載
 ・プレス発表 (2019年2月)
 ・ICRP低線量率タスクグループに情報共有 (2018年12月)
 →UNSCEAR, ICRPへの貢献

→ 低線量率被ばくの重要な基礎データを提供 (計画以上の成果)

今後は、他の臓器で低線量率発がん影響の年齢差を調べる

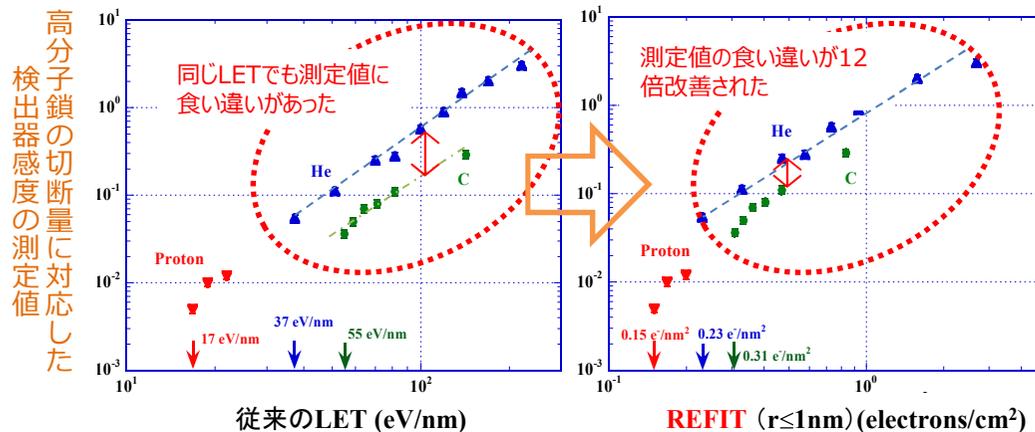
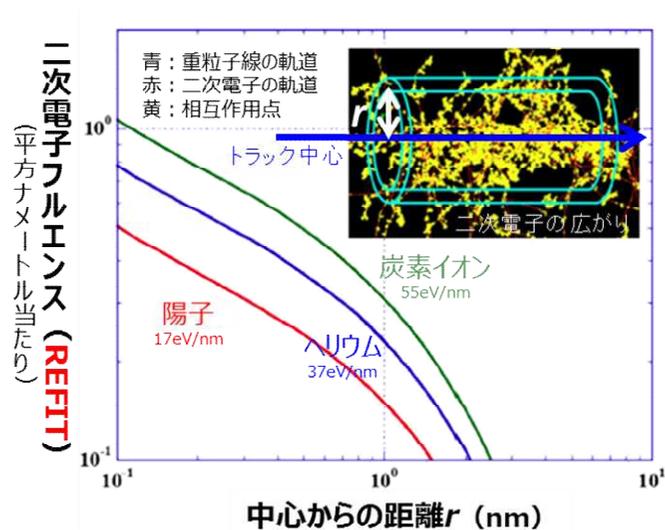
I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (6 / 7)

【代表的な実績例】

・粒子線治療の普及や宇宙開発に伴い、医用重粒子線や宇宙粒子放射線に被ばくする機会が増える中、粒子線の生物効果を的確に表す物理指標が必要。

粒子線の種類によらない物理指標を提案

- 従来用いられていたLET（線エネルギー付与eV/nm）という物理指標では、粒子線の種類によって同じLETでも生物効果（高分子鎖の切断の範囲と量に関連）の測定値に違いが生じていた。
- 最先端のシミュレーションコードを用いて、粒子線の飛跡近傍で他の粒子との衝突で生じる二次電子の総数で表した新指標『**イオントラック内径方向二次電子フルエンス（REFIT）**』を提案した。（Radiat. Meas. (IF1.4)）
- REFITでは二次電子の広がり内の切断量を考慮できるため、**従来のLETよりも粒子線の種類によるばらつき度合が12倍改善された**（下図）。これは**生体中のDNA損傷量に対応する物理パラメータとしても期待できる**。



検出器感度のX軸指標による違い（左：従来のLET、右：新パラメータREFIT）

高分子中の放射線損傷メカニズムの研究や放射線計測技術に関する研究の成果など計16報（5主著論文）

- Journal of Physical Chemistry C (IF 4.5)
- Radiation Physics and Chemistry (IF 1.4) 等

REFIT：トラック中心から半径(r)内の二次電子フルエンス（単位面積当たりを通過する電子数）

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (7/7)

【代表的な実績例】

- 患者のCT被ばく線量を計算・収集するツールについて開発を進め、**広島大学病院とシステム試験**を開始した。
- 放射性廃棄物による長期被ばく線量評価に資する、土壌から玄米・白米へプルトニウム及びランタノイドの**移行係数**を正確に測定した。

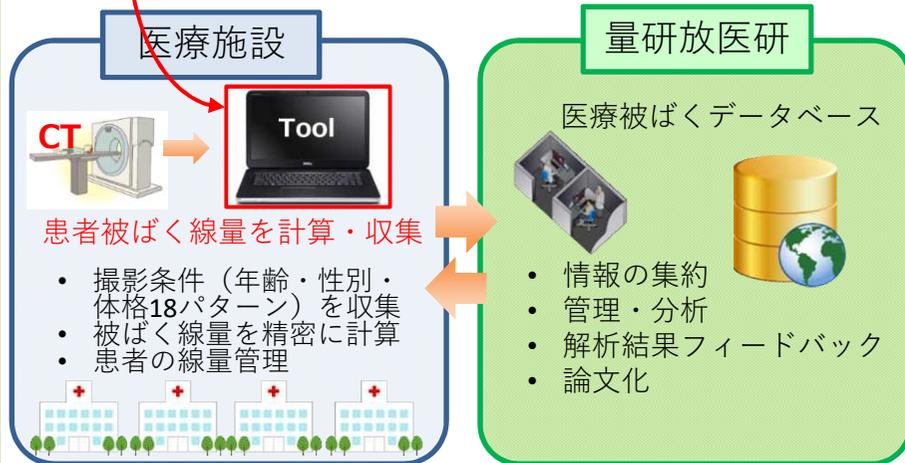
CT撮影による患者の被ばく線量評価技術の開発

- 医療施設の被ばく線量の実態データを効率よく収集するためのシステムを新たに開発し、協力体制 (MEDREC) *の構築を進めた。
- 広島大学病院などにおいてシステム試験を進めた。

患者被ばく線量計算・収集ツール「MEDREC* tool」を新たに開発

- NIRS-DIRのツールを改良
- WAZA-ARIの被ばく線量計算技術を応用

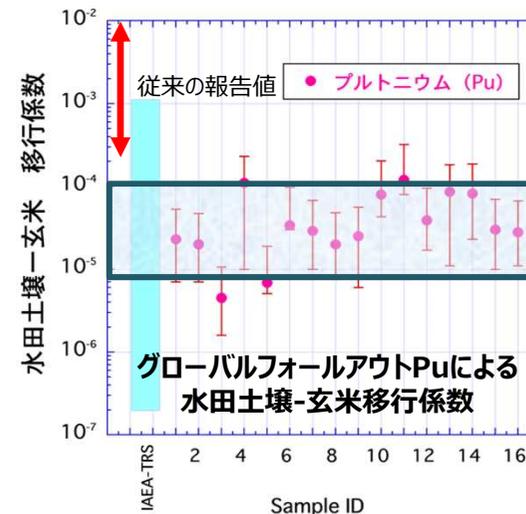
※MEDREC (医療被ばく線量登録コンソーシアム)



今後、量研のツールの普及 (=MEDRECの拡張) を進めるとともに、透視や一般撮影における同様のシステム開発を行う

土壌から米へのプルトニウム移行係数を明らかに 報告値より1桁以上低い 日本における初めての確からしい値

- 玄米中のグローバルフォールアウトPuの分析法を開発
- Puの水田土壌-玄米移行係数 (玄米中濃度÷土壌中濃度) は $10^{-5} \sim 10^{-4}$ で、同族のランタノイドの移行係数も同レベル



報告値より1桁以上低い※

※海外で報告された従来の報告値：
 $1.7 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-2}$
 今回の報告値での幾何平均値：
 3.3×10^{-5}

J Environ Radioact (IF 2.3)
 2019年1月 掲載

今後は、分析においてアクチノイド (Pu等) の代わりにランタノイドが利用できる可能性を検討

I.1.(3) 2) 被ばく医療研究 (1 / 6)

■ 中長期計画

- ① 放射線事故や放射線治療に伴う正常組織障害の治療及びリスクの低減化に資する先端的な研究を行う。
- ② 大規模な放射線災害時を含む多様な被ばく事故において、被ばく線量の迅速かつ正確な評価及びこれに必要な最新の技術開発を行う。
- ③ 放射性核種の体内や臓器への分布と代謝メカニズムに基づく適切な線量評価の研究を行うとともに、治療薬を含めて効果的な排出方法を研究する。

■ 年度計画

- ① 幹細胞を含む放射線障害治療法シーズの探索・検証、および、放射線誘発リンパ腫の原因解明およびモデルマウスを用いた過酸化水素の生体影響解析。
- ② トリアージ線量評価に関する技術開発、FISH法を含めた生物及び物理線量評価手法の調査・開発。
- ③ 放射性遷移金属の体内分布と代謝の定量解析の精緻化。大洗事故に係る除染作業等で得られたデータの分析による線量評価手法の調査・開発。アクチノイド核種の内部被ばくに対処できる技術水準を維持する分析手法の改良・国際間相互比較試験等による有効性の確認。

■ 年度計画の達成状況（業務実績）

- 放射線障害治療法シーズの探索研究は順調に展開した（変異の少ないiPS細胞樹立に成功。組織再生を促す放射線障害治療薬を開発中であり、実験動物を用いた検証システムの構築を終えた。）。
- モデルマウスを用いた放射線障害因子、影響研究は順調に進展した（ゲノムDNA組換えを個体レベルで可視化し、従来不可能であった血球以外の多くの組織でのDNA組換え解析が可能なシステムを構築し、論文報告した。また、多数のホモログ遺伝子が存在するため、遺伝子改変による樹立が不可能だった過酸化水素分解酵素活性欠如モデルマウス樹立に成功するとともに、レドックス画像により炭素線照射の影響の定量的評価を可能にした。）。
- 臨界事故やアクチノイド内部被ばくの際に被ばく医療の対象となるトリアージ線量評価手法の開発に関して、これまでの成果を取りまとめた（厚労科 研費研究H27-H29実施、報告書を平成30年5月末に提出）。生物線量評価手法については、遡及的線量評価に適用が見込まれるFISH法に関して国際規格（ISO）の開発に貢献した。バイオアッセイの技術水準の維持及び向上のために参加した国際比較試験（PROCORAD2018）の正式結果が公表され、尿中アクチノイドについては2年連続で良判定の評価を得た。
- 平成29年6月6日に原子力機構大洗研究開発センターで発生した作業員のプルトニウム内部被ばく事故については、被ばく患者から得られたバイオアッセイや肺モニタ等のデータを解析し、詳細な線量評価を行い、その結果について国際学会（HEIR2018、パリ、平成30年10月）で発表した。アクチノイド核種に対するバイオアッセイについては、例年通り国際相互比較試験プログラム（PROCORAD）に参加し、プルトニウム及びアメリシウムについて十分な精度で分析が行えたことを確認した。

I.1.(3)2) 被ばく医療研究 (2/6)

■ 年度計画の達成状況（業務実績） 続き

- 原子力規制庁の安全研究として、原子力事故時における公衆の甲状腺被ばく測定に関する技術開発を継続した。3色FISH法を用いた生物線量評価手法については、国際標準化機構（ISO）の規格文書作成に貢献した。その他、福島原発事故における住民の内部被ばくモニタリングの経験及び今後に向けた提案をまとめた論文がHealth Physics誌に掲載された（平成30年8月）。

■ 年度計画を上回る成果

- ウランの腎臓内蓄積におけるα線線量付与領域の特定、および、化学形分布を明らかにする手法（ケミカルイメージング）の開発に成功し、論文発表した（Radiat. Phys. Chem.平成31年2月）。組織内局在の実態を明らかに出来た今回の結果は、ウラン内部被ばくにおける生体影響の理解や体外排出促進技術の開発に貢献する成果である。
- 単一細胞ベースの正常細胞-がん細胞間の放射線誘発バイスタンダー応答解析系の確立に成功し、論文発表した（Radiat.Res., 平成31年2月）。
- PANC-1細胞株の集団の中に一部、「放射線抵抗性浸潤がん細胞」の集団が存在することを明らかにし、それら細胞集団をマウスに移植した場合、PANC-1細胞全体を移植した場合よりも転移能が高いことを見出した。また、「放射線抵抗性浸潤がん細胞」移植マウスの転移は一酸化窒素合成酵素の阻害剤により抑制できることを見出し、論文に発表した（Redox Biol., 2019年3月）。

I.1.(3) 1) 被ばく医療研究 (3 / 6)

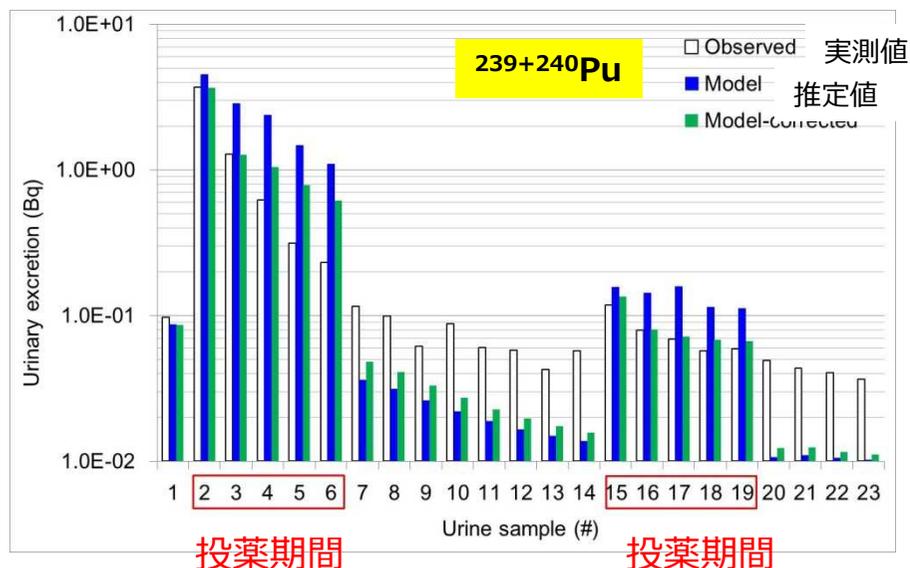
【代表的な実績例】

－内部被ばく線量評価手法の開発及び高度化－

ICRPのプルトニウムの体内動態モデルを基礎としてキレート剤(DTPA)による修飾を考慮できるプログラムを用い、患者の尿中排泄量の実測値を再現するようなモデルパラメータを探索し、キレート剤による効果を試算した。キレート剤投与により促進された尿中排泄量はだまかに再現できたものの、投薬後の再現性がまだ十分でなく、引き続き解析を進めている。

投薬後の尿中排泄量を体内動態モデルで
だまかに再現

○投薬後の尿中排泄量の体内動態モデル再現性



○キレート剤による線量低減効果

肝臓及び骨における沈着量予測値 (Bq) -200日後

(DTPA)	239+240Pu		241Am	
	肝臓	骨	肝臓	骨
投与なし	19.7	32.8	14.5	11.2
投与あり	17.1	28.4	12.4	9.6
あり/なし	0.87	0.87	0.86	0.85

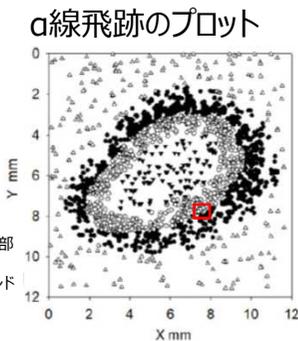
※暫定評価値であり、今後修正される場合もある。

I.1.(3) 1) 被ばく医療研究 (4 / 6)

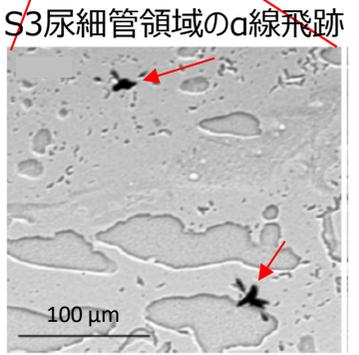
【代表的な実績例】 **—内部被ばく線量の低減化を目的とした研究開発—**

ウランの腎臓内蓄積における

α線線量付与領域の特定に成功



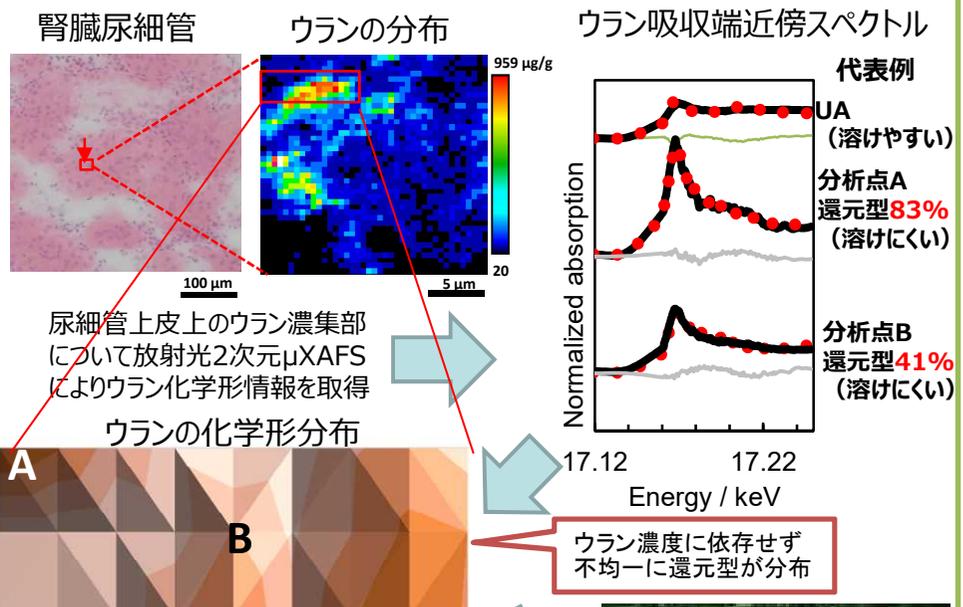
CR-39によるα線飛跡解析
→ 腎臓切片の付着により組織構造を転写



Radiat Prot Dosimetry
(IF 0.8)

不均一分布を呈する
内部被ばく核種の
線量評価高精度化

ウラン化学形分布を明らかにする手法の開発に成功



SPring-8
BL37XU
高速2次元μXAFSシステム
により実現

Radiat Phys Chem
(IF 1.4)

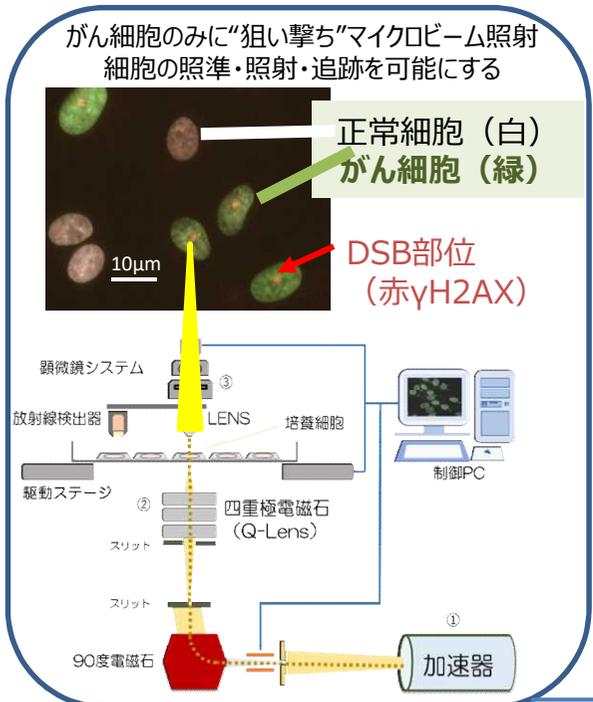
ウラン腎毒性・残存性の理解
腎臓内化学形の特定から
排泄戦略につながる研究手法へ

→ ウラン内部被ばくにおける生体影響の理解や体外排出促進技術開発に貢献

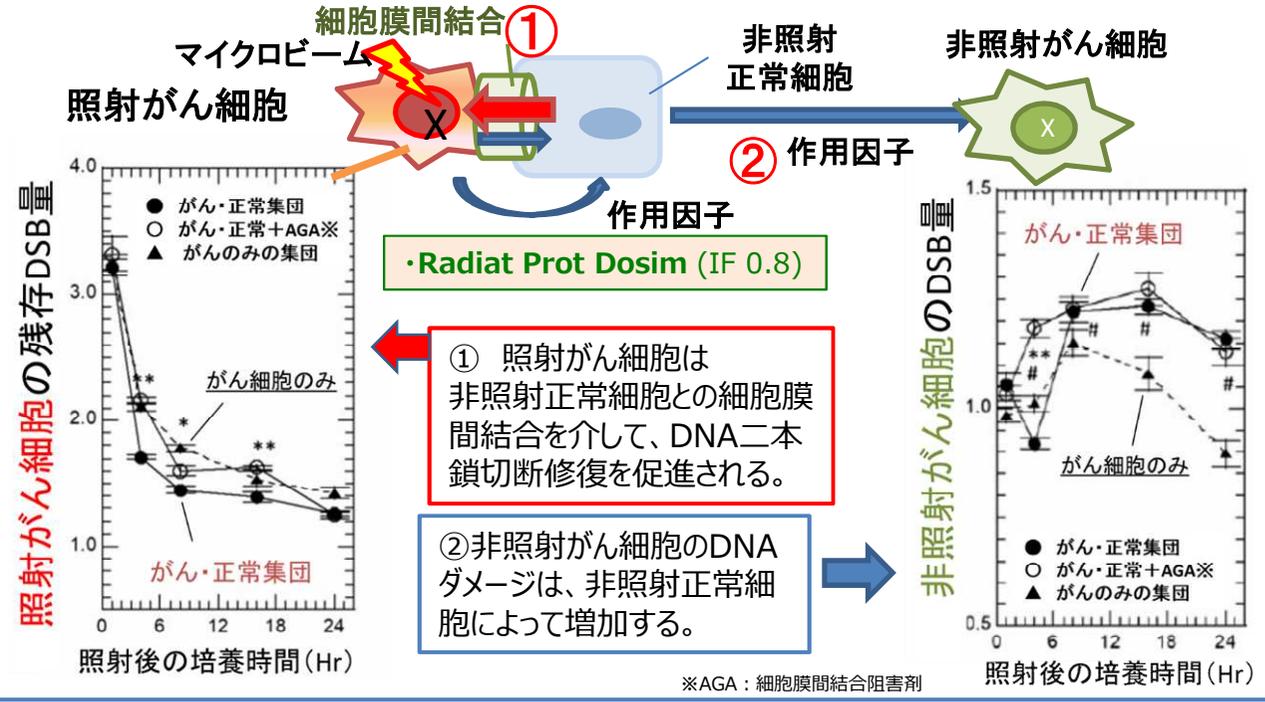
I.1.(3) 1) 被ばく医療研究 (5 / 6)

【代表的な実績例】
 がん細胞の放射線感受性は細胞周辺環境に依存するため、放射線がん治療の高度化には、**照射がん細胞とその周辺組織との異種細胞間における情報伝達メカニズムの理解**が必要である。
 ⇒ 先端技術であるマイクロビーム細胞照射装置SPICEを活用し、培養細胞を用いて肺がんとその周辺組織を模擬し、そのうち**がん細胞のみに陽子線マイクロビームを照射**することで、①照射がん細胞の**DNA二本鎖切断 (DSB) 修復が正常細胞との細胞膜間結合を経由して促進**されること、②正常細胞から放出される作用因子によって**非照射がん細胞のDSB誘発が増加**することを発見した。

異種細胞間応答解析系を確立



照射がん細胞と非照射正常細胞間における双方向シグナル伝達を発見



他、細胞間情報伝達に関連する成果としてRadiat Res (IF2.5), J. Radiat Res(IF2.0), 計2報

→ マルチイオン照射による正常組織障害の低減化、免疫療法併用など細胞応答を活用した新しい放射線がん治療の高度化に向けた重要な基礎的知見

I.1.(3) 1) 被ばく医療研究 (6 / 6)

【代表的な実績例】

—放射線がん治療後のリスク低減化を目的とした基礎研究—

放射線に抵抗性で、かつ、浸潤や転移のリスクが高い「放射線抵抗性浸潤がん細胞」を発見し、これら細胞集団の転移能を一酸化窒素合成酵素阻害剤により効率良く抑制する方法を見出した

がんの放射線治療では、技術の進歩により効果的な原発巣の殺傷効果が得られるようになってきたが、さらに高い生存率を得るためには、**治療後の再発や浸潤・転移の抑制**が重要な課題。

「放射線抵抗性浸潤がん細胞」を発見

ヒト膵癌細胞株 (PANC-1) の集団の中に、**高い浸潤能を持ち、かつ、放射線に抵抗性を示す「放射線抵抗性浸潤がん細胞」が存在すること**が明らかとなった。特に予後の悪い膵がんでは、これら細胞集団は放射線を受けても生き残るリスクがあり、その後の再発や浸潤・転移につながる可能性が考えられる。

「放射線抵抗性浸潤がん細胞」の特徴を調べ、これら細胞の浸潤・転移能を抑制できないか？

放射線抵抗性浸潤がん細胞の特徴

細胞間情報伝達分子として知られる

一酸化窒素を多く産生

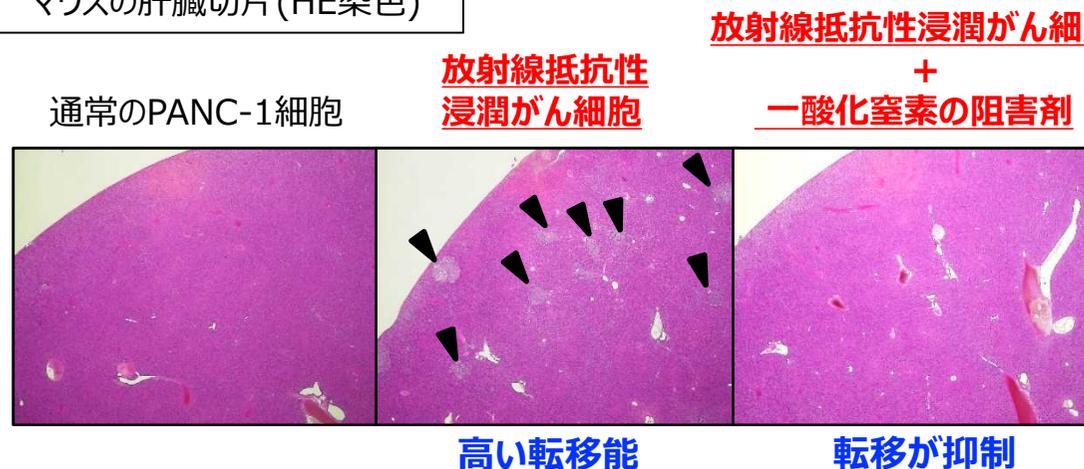
足場非依存的な細胞増殖や浸潤・転移に利用していた

一酸化窒素合成酵素の阻害剤はこれら細胞集団の転移抑制に有効か？

マウス転移モデル実験 (脾臓にがん細胞を移植)

「放射線抵抗性浸潤がん細胞」は、膵癌で問題視される肝臓への転移能が高かった。**一酸化窒素合成阻害剤**を飲ませると、これら細胞の転移を抑制することができた。

マウスの肝臓切片 (HE染色)



治療後の再発や浸潤・転移の抑制に役立つ重要な基礎データを取得

Redox Biology (IF 7.126)

基本データ、評価指標及びモニタリング指標（1 / 1）

【基本データ】 ※平成30年度（平成29年度）

1. 予算額（単位：百万円） 1,500（1,709）
2. 常勤職員数（単位：人） 83（79）

【評価指標】

1. 国際水準に照らした放射線影響研究成果の創出状況

国際誌等92報、国際集会等71件を発表した。

放射線影響研究を主課題とする41論文の学術誌のIFは、5以上1報、4～5未満が3報、3～4未満が4報、2～3未満が8報、1～2未満が18報、被引用半減期は10年以上10報、5～10年が18報であり、この分野では高い水準を達成している。

・放射線影響研究における原著論文の約半数（25報、うち生物影響5報、線量評価・計測20報）は国際共著論文であり、計測技術の開発や調査を中心に、国際的な展開を行った。

・放射線規制の枠組みを勧告している国際組織である国際放射線防護委員会（ICRP）の委員らとのクローズドミーティング（平成30年12月、千葉）において、過去約15年の動物実験の研究成果について情報共有した。計画外の成果である低線量率被ばく（じわじわ被ばく）のマウス髄芽腫及びラット乳がんリスクの影響解明の成果についても、ICRP委員らとのクローズドの情報交換会（平成30年12月、東京）において情報共有した。これに関連して、職員1名が同委員会タスクグループ委員となった。

以上のように、放射線影響研究の成果は国際的に高い水準を達成している。

【モニタリング指標】

1. 論文数 92報
2. TOP10%論文数 3報
3. 知的財産の創出・確保・活用の質的量的状況 特許出願2件、特許登録0件

研究開発に対する外部評価結果、意見等（1 / 1）

平成30年度国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究開発評価委員会（平成31年3月18日）

【計画の妥当性及び成果の評価に関するコメント】

- 放射線影響研究について、原発事故後社会的な関心の高い放射線の健康影響に関する科学的な知見が確実に得られ、成果の公表が適切に行われている。動物実験系での乳がんリスクについての年齢差や回復についての詳細かつユニークな研究実績を上げており、かつその成果を多くの論文として公表しているのは、高く評価できる。基礎的な放射線影響研究は地味ではあるが大変重要な課題であり、継続的に取り組み着実に推進することが重要である。多岐にわたる研究課題が計画に沿って実行され目標がほぼ達成されていると考える。また、計画以上の成果を多く上げ、この点からも評価は高い。
- 被ばく医療研究においては、キレート剤による効果についてのモデル解析等による対応処置の目安を提示したことや、内部被ばく量低減に向けた研究を特に評価する。α核種による内部被ばくに関する対策及び線量評価キレート剤の効果、バイスタンダー効果等、重要な課題に取り組みユニークかつ特筆すべき成果をあげており、バイスタンダー応答解析に大きく貢献した点は、研究開発能力の高さを明らかにする成果の達成度は高く、国際的にも注目されるものと評価する。革新という観点ではやや物足りなさもあるが、着実に研究は進捗している。特にキレートを使用した場合の効果について、魅力的な成果がでている。ただこれらについての論文発表などの成果がそれほど多くないことが気になる。

【今後に関する要望、提言】

- 動物におけるデータで得られた成果を人に適用するにあたり、道筋が明確になるとよい。放医研内他部門や所外関連組織との効率的な協力を期待したい。
- CTとIVRの医療被ばく線量評価システム・データベースの機能強化が順調に進んでおり、患者被ばく線量を計算・収集するツールの改良も進められている。このように継続的に展開していくのが医療現場への情報発信としては重要と考える。
- 放射線障害の基礎研究に取り組む妥当な計画である。高度被ばく医療支援センターの中核としての活動に大いに期待したい。
- 論文発表や外部資金獲得実績は十分と考えられ、次年度も着実に成果が得られるものと期待するが、国にとって重要な研究なので、スピード感を持って進めることが望ましいと考える。また放射線影響研究と被ばく医療研究とのすみ分けがやや不明瞭。どのように臨床にフィードバックされるか、の視点での研究も望まれる。

自己評価：A**【評価の根拠】**

年度計画を上回る顕著な成果を達成した。

放射線影響研究については、計画1～2年目から継続してきた**被ばく後の妊娠経験が放射線誘発乳がんリスクを抑制する効果、低線量率放射線被ばく後の乳がん発生リスクの閾値線量率と年齢差を明らかにした成果、DNA修復欠損マウスのリンパ腫のゲノム変異は放射線による影響より遺伝影響が大きいことを明らかにした成果等**が一挙に論文化されたばかりでなく、いくつかのプレス発表を行ったほか、年齢依存性研究や低線量率の成果を**ICRP低線量率タスクグループ等**に情報提供した。環境線量評価では、これまで培ってきた高度な解析技術により**ラドン測定、重粒子線の電離二次電子を指標とした解析**、および**超微量プルトニウム測定技術による正確な米への移行係数**を示した論文を発表した。いずれもQSTの研究者が筆頭著者の国際誌への研究論文及び成果である。

また、被ばく医療研究では、H29年度に**原子力機構大洗研究開発センターにおいて発生したプルトニウム内部被ばく事故**に関し、患者から得られた肺モニタやバイオアッセイ等のデータを解析し、より**精緻な内部被ばく線量推計**を行い、発表した。**国内では内部被ばく患者にキレート剤を投与した初の事例**であり、こうした事例解析は諸外国でも少なく、DTPAの治療効果を試算した点は顕著な成果である。

【課題と対応】

H28年度評価で主務大臣における指摘事項として、低線量被ばく分野の研究は、社会的ニーズも強く、今後も長期的な視野で取り組んで行く必要のある研究であることから、継続的に取り組むことが求められているが、低線量率発がんリスクに関する研究予算（**福島復興特会事業**）はH29年度で終了したためH30年度以降は外部資金によって研究を継続している。研究費の確保が課題である。

評価単位 6 :
研究開発成果の普及活用、国際協力や産学官
連携の推進及び公的研究機関として担うべき機能

評価単位 6 : 研究開発成果の普及活用、国際協力や産学官連携の推進及び公的研究機関として担うべき機能

【目次】

I.2. 研究開発成果のわかりやすい普及及び成果活用の促進

I.3. 国際協力や産学官の連携による研究開発の促進

(1) 産学官との連携

(2) 国際展開・国際連携

I.4. 公的研究機関として担うべき機能

(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能1

(2) 福島復興再生への貢献10

(3) 人材育成業務12

(4) 施設及び設備等の活用促進

基本データ、評価指標及びモニタリング指標13

研究開発に対する外部評価結果、意見等15

自己評定17

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (1 / 9)

■ 中長期計画

- 指定公共機関及び原子力規制委員会の技術支援機関、高度被ばく医療支援センターとして、原子力事故時等における機材提供や、専門的な人的・技術的支援を行うため、組織体制の整備及び専門的・技術的な水準の向上を図る。
- 国内外の放射線事故等に際し、人材の派遣を含む支援を行うため、緊急被ばく医療支援チーム（REMAT）を中心に対応体制を整備する。

■ 年度計画

- 原子力災害等に対応可能な線量評価手法の整備を図るとともに、実用的で信頼性のある手法を引き続き開発し、関連機関への展開を行う。原子力災害等が発生した場合に対応できるよう、機構全体として、要員、資機材維持管理等の体制の整備を引き続き進めるとともに、国や自治体の訓練に積極的に協力・参加し、さらに機構独自の訓練を実施する。これら機構内外の訓練・研修を通じ、職員の専門能力の維持・向上を図る。
- 原子力規制委員会の技術支援機関として、放射線源規制・放射線防護による安全確保のための根拠となる調査・研究や、放射線防護研究関連機関によるネットワーク構築に向けた活動を実施する。
- 研修等により職員の能力向上を図り、対応体制を引き続き整備する。
- 高度被ばく医療支援センターとして診療及び支援機能の整備を行う。高度被ばく医療支援センター間での情報交換を行うための機器類を引き続き維持するとともに、連携を強化する。また、医療、線量評価、初動対応人材向けの研修を行う。

■ 年度計画の達成状況（業務実績）

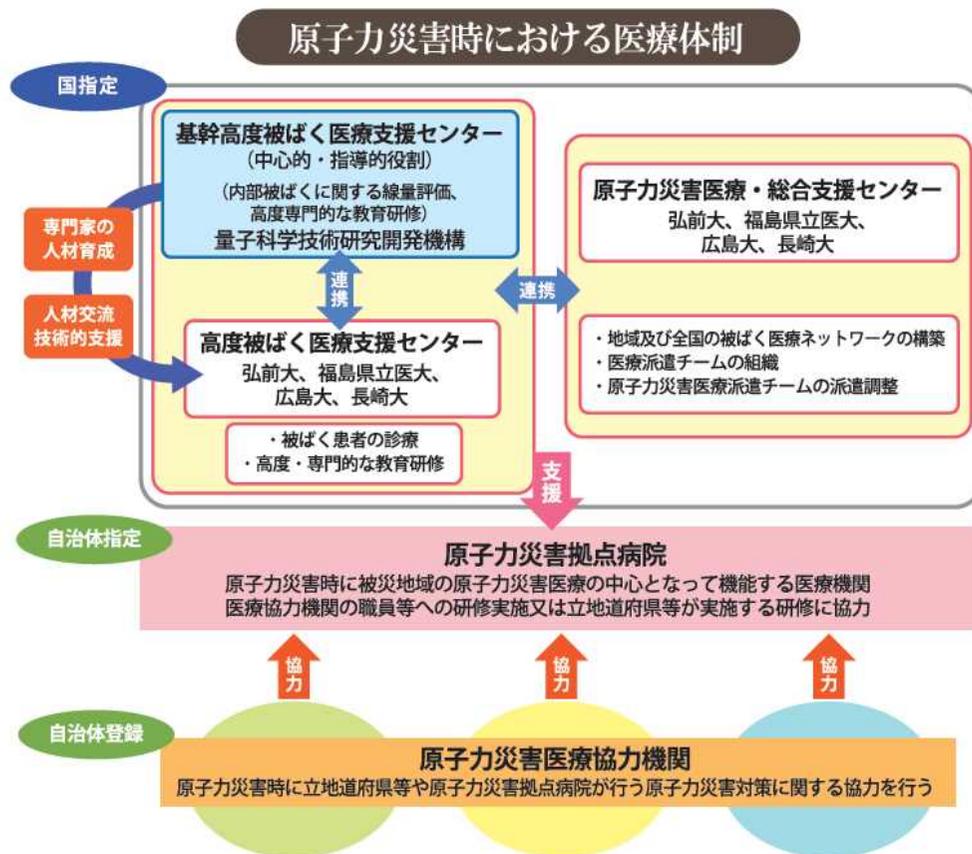
- 高度被ばく医療支援センター体制強化**：診療及び支援機能の維持に努めつつ、被ばく医療の中心的・先導的役割を担うため体制強化を実施。
 - 人材データベースの基本設計及び新研修体系の策定を進めるとともに、5センター連携によるオールジャパン体制構築のための協定を締結。
 - 量研内に分散していた被ばく医療に関する機能を集約し、被ばく医療の高度化を一体的に進めるため「高度被ばく医療センター」を新設。
 - 線量評価機能と教育研修機能の充実を図るための新建屋の基本設計を実施するなど建設に着手。
- 原子力災害等への対応整備**：原子力総合防災訓練等の国や自治体の訓練への参加（合計12回）、量研独自訓練の実施（合計7回）。甲状腺モニタリングの実効性向上のための検討を実施。内閣府の依頼により全国22ヶ所のオフサイトセンター（OFC）に要員を派遣。
- 職員の能力向上**：原子力災害医療中核人材研修等への参加、機構外専門家育成のための研修を実施。独自に評価者を設定する、また研修ふり返りを主催し、研修の質の向上に努めた。国際専門家会議や海外研修に専門家を派遣（9回）。
- ネットワーク**：放射線防護関連学会等のネットワークを活用して、放射線安全規制研究の重点テーマや放射線防護人材に関する調査を実施。

■ 年度計画を上回る成果

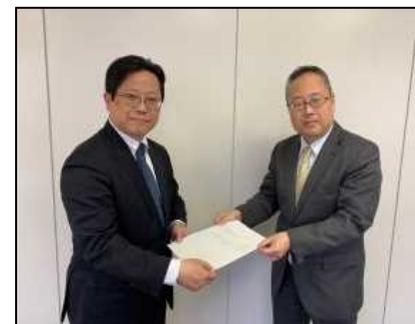
- 新たに指定されることとなった**基幹高度被ばく医療支援センター**としての役割を果たすため体制を強化。・ 内閣府の緊急時マニュアル作成に協力。

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (2 / 9)

【基幹高度被ばく医療支援センターとしての役割】



- 平成31年3月13日に原子力規制委員会から平成31年4月1日付で「基幹高度被ばく医療支援センター」に指定されることが決定された。



- 被ばく医療を担う専門人材を育成する中核拠点となり、主に高度被ばく医療支援センターの医師や看護師、技術者などの専門家を育成。
- 内部被ばくに関する線量評価等でも中心的な役割を担う。

被ばく医療の中心的・先導的役割を担う基幹高度被ばく医療支援センターとしての体制を構築

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (3 / 9)

【基幹高度被ばく医療支援センターの準備開始】

平成30年度から、**基幹高度被ばく医療支援センターの業務を一部前倒し**で準備開始

- ・人材データベースの基本設計
国内の被ばく医療関係研修、受講生、医療機関の状況を**一元管理するためのシステム**の基本設計を完了
- ・新研修体系策定
規制庁安全研究で、基礎から高度専門レベルまでの4段階の**研修を体系化**
- ・5センター連携協定
高度被ばく医療支援センター間の協定「高度被ばく医療支援センター間の連携協力に関する協定書」の文案に合意し、締結に向けた事務手続きを開始



- 連携協力事項**
- (1) 線量評価、特に内部線量評価に関する事項
 - (2) 人材育成及び人材交流に関する事項
 - (3) 患者の診療に関する事項

【新建屋の基本設計を実施し建設着手】

- ・線量評価機能と教育研修機能の充実
- ・特に内部被ばくに関する線量評価で中心的な役割を担う

被ばく医療の中心的・先導的役割準備

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (4 / 9)

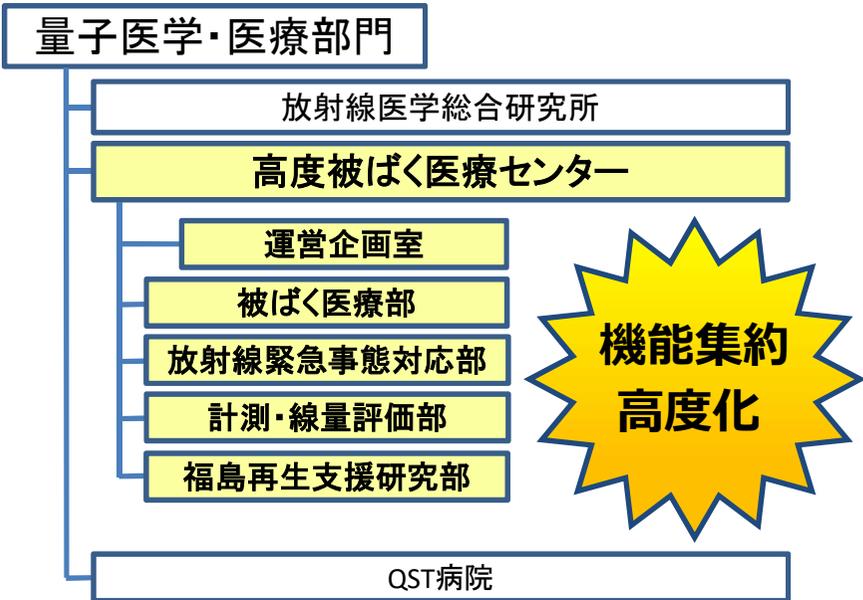
【高度被ばく医療センター設立】

量研機構は平成28年4月の発足以来3年が経過し、機構を取り巻く状況の変化に応じ、業務運営の効率化、研究開発成果を最大化する取組みの重要性が増し、平成31年4月に組織改革を実施することとなった。

その一つとして、従来機構内に分散していた被ばく医療に関する機能を集約し、「基幹高度被ばく医療支援センター」としての中核的役割を果たし、被ばく医療に関連する研究開発の高度化を一体的に進める目的で、新放医研、QST病院と並ぶ形で「高度被ばく医療センター」を新設するための準備を行った。

組織体制を1室4部体制として構築し、人員も増強し、新センター長を招へいし、これまでの体制の業務運営の効率化・高度化を図り発展的に改組することとした。

高度被ばく医療センター組織図



被ばく医療関連部署の集約と強化

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (5 / 9)

【専門的支援の継続並びに機構内外の体制構築・維持】

24時間緊急被ばく医療ダイヤル

医療及び防災関係者のため、放射線事故・汚染患者発生など緊急の場合の**24時間対応の維持**

代表電話（被ばく医療ダイヤル）受付システム

夜間・土曜・休日：担当者が携帯電話で対応

対応実績：5件（自治体、消防等）

H31年3月22日現在

安定ヨウ素剤専門家相談

こんな疑問、お持ちではありませんか？



服用に関する基本知識から心配ごとまで
様々な医学的疑問に、専門家がお答えします。

もしもの原子力災害のための～
安定ヨウ素剤電話相談を、ぜひご利用ください



看護師・医師など専門家の
安心対応



平日受付
9時～17時

また、安定ヨウ素剤に関する医学的疑問に、
看護師や医師などの専門家がお答えいたします。

※本サービスは、ダイヤルサービス株式会社および国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構が共同運営・管理しています。

原発立地県の依頼で安定ヨウ素剤に関する専門家の相談体制を維持している

専門家ネットワーク

緊急時に備えて3つの専門家ネットワークを設置している

- ・染色体ネットワーク会議
- ・物理学的線量評価ネットワーク会議
- ・緊急被ばく医療協力機関等連絡会議

原子力災害や放射線事故、テロ等に備えた国内体制を整備

各種委員会、学会役員等

国：日本学術会議、厚労省、国交省、文科省、外務省、原子力規制庁等

国際機関：GHSI, WHO, IAEA

自治体：愛媛県、福島県、千葉県、新潟県、鹿児島県、岩手県、石川県、茨城県、静岡県、富山県、長野県

研究機関：JAXA、弘前大学、日本医師会等

学会：放射線影響学会、放射線事故・災害医学会、放射線看護学会、保健物理学会等

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (6 / 9)

【原子力災害時医療の中心となる人材育成のための高度・専門的な研修】

◆ 原子力災害時医療中核人材研修 **2回 46名**

目的：医療施設での被災者の受入れ対応
高度・専門的な知識と技能習得
対象：各機関での指導的人材を養成
原子力災害拠点病院で中心となる医師、看護師、診療放射線技師

5センターでの
研修ふり返し

◆ ホールボディカウンター計測研修 **11名**

目的：WBC計測を独自に実施できる専門家育成
対象：原子力災害拠点病院の放射線技師等
内部被ばく線量測定・評価をする人
WBCと周辺機器類の管理をする人

独自の評価者
による評価

◆ 甲状腺簡易計測研修 **19名**

目的：原子力災害時の住民の甲状腺被ばく
線量推定のためのスクリーニング
検査を短時間で教えるトライアル
対象：自治体職員や診療放射線技師等実際に
検査を行う可能性のある人

研修の質の向上

原子力災害時における医療体制



量研では委託事業以外でNIRS被ばく医療セミナー、NIRS放射線事故初動セミナー、海上原子力防災研修、国民保護CRテロ初動セミナー、防護一般課程、防護健康影響課程、文科系のための防護基礎課程などの研修を実施している

医療、線量評価、初動対応に関する国内の人材育成を推進

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (7 / 9)

【指定公共機関として国や自治体の訓練に参加、助言】

国の訓練への参加



7名の専門家を派遣 (OFC, EMC, 病院等)



千葉地区での受入訓練、対策本部運営訓練も実施

協力協定病院での訓練

7協力協定病院のうち、3病院で訓練実施

- ・日本医科大学本院
- ・日本医科大学千葉北総病院
- ・東京大学医学部附属病院

IAEA の Response and Assistance Network (RANET)訓練への参加



5名の専門家を派遣し、現地モニタリングを実施

内閣府への助言



22か所のOFCを視察し、緊急時のマニュアルの作成に協力

国内外での助言・情報発信

WHO協働センターフォーラム



3rd Forum of WHO Collaborating Centres in the Western Pacific Regional Office (越)で発表

訓練や国への助言等でQSTのプレゼンスを示す

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (8 / 9)

■ 中長期計画

- 放射線医科学分野の研究情報や被ばく線量データを集約するシステム開発やネットワーク構築を学協会等と連携して行い、収集した情報を、国際的専門組織の報告書等に反映させる。また我が国における放射線防護に携わる人材の状況を把握するとともに、放射線作業者の実態を調査し、ファクトシートとしてまとめる。さらに放射線医科学研究の専門機関として、国、地方公共団体、学会等、社会からのニーズに応じて、放射線被ばくに関する正確な情報を発信するとともに、放射線による被ばくの影響、健康障害、あるいは人体を防護するために必要となる科学的知見を得るための調査・解析等を行う。

■ 年度計画

- UNSCEARが実施するグローバルサーベイや東電福島第一原発事故のフォローアップ調査のため、国内情報の集約を継続する。放射線影響・防護に関する情報発信のためのWebシステムの改良等を進め、公開し、国民目線に立ったわかりやすい低線量放射線影響に関する情報発信に資する。また、国内学術コミュニティとの連携により、線量・リスク評価研究の高度化や情報集約・共有を進める。過去の被ばく患者に対しての健康診断等を通じ、健康障害についての科学的知見を得るための追跡調査を継続する。

■ 年度計画の達成状況（業務実績）

- UNSCEAR事務局へのデータ提供**：医療被ばくと職業被ばくの国内データを収集し、UNSCEAR事務局にグローバルサーベイのデータとして提出した(平成31年1月と3月)。また、東電福島第一原発事故に関する国内情報の集約を行った。
- Sirabeの内容充実**：放射線影響・防護ナレッジベース“Sirabe”のコンテンツの追加（100件）、Sirabeの検索システムの改修とセキュリティチェックを行ない、平成31年3月末に一般に公開した。
- WAZA-ARIの開発・運用**：所内外の専門家を構成員としたWAZA-ARI研究開発・運用委員会を設置し、CT診断被ばくの記録・管理の義務化をも意識したWAZA-ARIの開発・活用を検討し、実行することにより、医療法改正省令（平成32年4月より施行予定）の実効性を高めている。加えて、放射線影響研究機関協議会や医療被ばく研究情報ネットワークの事務局としてオールジャパンでの放射線防護の推進を支援した。

■ 年度計画を上回る成果

- ICRP支援
 - 事務局（カナダ・オタワ）に職員を3か月間派遣し、新タスクグループのキックオフ会合とICRP-QST-RERFワークショップの企画・運営を行った。これは量研と日本の研究成果の世界への発信に貢献するものである。
 - 優先的研究テーマの1つであるリスク評価研究のためのツール開発を実施。新規解析手法により、被ばく履歴と健康影響(発症の有無など)のデータセットから、年齢による放射線感受性を考慮して、低線量による線量と健康影響の関係を正しく評価することが可能になった。

I.4.(1) 原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能 (9 / 9)

【ICRPの支援：研究成果の創出とハブ機能】

- ICRPが優先的研究と指定したリスク評価研究を国内学術コミュニティとの連携により進めるため、必要なツールを開発
- ICRPに新たに設置された「放射線応答の個体差」に関するタスクグループ (TG)の立ち上げを支援
- ICRPと共催で「放射線応答の個体差」に関するワークショップを開催し、日本国内の研究成果をICRPに提供し、議論を促進



次年度もICRPのTG会合の開催を受け入れ、量研職員をはじめ、多くの国内研究者の成果を提供し、国際舞台での科学的議論をリードする

ICRPと共催でワークショップを開催、日本の成果を紹介 (2018.12.12)
量研の研究者との意見交換会も実施(2018.12.7)

職員をICRP事務局 (カナダ・オタワ) に派遣し、放射線応答の個体差TGの立ち上げを支援 (2018.9-12)

ICRPクレメント事務局長が来日し、量研の支援を依頼 (2017.7、2018.7)

ICRPが指定する優先的研究テーマの一つであるリスク評価研究のためのツール開発 (2017~)

従来の長期低線量被ばくの疫学研究 (例：職業被ばく) では、横軸の線量に単純な累積線量を用いており (つまり、若い時の被ばくと高齢時の被ばくが等価)、過大評価や過小評価の可能性がある。

新規解析手法

被ばく履歴と健康影響 (発症の有無など) のデータセットから

- ① 年齢別リスク係数を導き出し、年齢に応じた線量の重みづけを行う
- ② 重みづけされた線量の累積 (横軸) と健康影響 (縦軸) の関係から、低線量による線量と健康影響の関係を正しく評価

○長所: 累積線量を用いた研究から年齢感受性が推定可能、原爆データ等の“借り物”のデータが不要、動物実験の解析にも利用可能

I.4.(2) 福島復興再生への貢献 (1 / 2)

■ 中長期計画

- 国や福島県等からの要請に基づき、東電福島第一原子力発電所事故後の福島復興再生への支援に向けた調査・研究を包括的、かつ他の研究機関とも連携して行うとともに、成果を国民、国、福島県、UNSCEAR等の国際的専門組織に対して、科学的情報として発信する。
- 住民や原発作業員の被ばく線量と健康への影響に関する調査・研究、低線量・低線量率被ばくによる影響の評価とそのリスク予防に関する研究、放射性物質の環境中の動態とそれによる人や生態系への影響などの調査・研究を行う。

■ 年度計画

- 引き続き、福島県が実施する住民の事故初期における外部被ばく線量推計を支援する。また、内部被ばく線量の推計について得られた成果を取りまとめ、適宜公表する。
- 公益財団法人放射線影響研究所からの委託に基づく緊急時作業員の疫学的研究において、引き続き被ばく線量評価を実施するとともに、第一期の成果を取りまとめる。一部の作業員については、染色体異常解析による遡及的外部被ばく線量評価を継続する。
- 放射性物質の環境中での動態を明らかにするため、環境中の放射性物質の可視化のための技術開発をさらに進めるとともに、環境試料中のウラン迅速分析法の高度化及び新たな手法の探索を行う。引き続き環境試料について調査を行い、食品に係る放射性物質濃度データを用いて環境移行パラメータを導出し、平均的な値を示す。ストロンチウム同位体については、表面電離型質量分析計(TIMS)を用いた高精度分析法の少量試料による土壌や環境水等への適用を進める。さらに、住民の長期被ばく線量評価モデルの設計と構築を進める。
- 放射線が環境中の生物に与える影響を明らかにするため、新たな影響評価手法の開発を行うとともに、各種環境生物での低線量率長期照射実験及び解析を継続する。
- 福島研究分室における研究環境の整備及び関係機関との連携を進めるとともに、得られた成果を、福島県を始め国や国際機関に発信する。

■ 年度計画の達成状況 (業務実績)

- **福島県民の被ばく線量評価事業**：県民健康調査における外部被ばく線量を計算し福島県立医科大学に結果を送付した。福島住民の初期内部被ばく線量の推計に際し、福島第一原発周辺住民については避難開始時期が線量に影響する可能性を示唆する結果が得られた。また、国が事故直後に行った小児甲状腺内部被ばく検査の結果を再解析し、被検者の被ばく線量を見直した。
- **放射線影響研究所からの委託事業**：緊急時作業員の疫学的研究において第一期（平成25年度～平成29年度）としての研究成果をとりまとめた。緊急作業員の生物線量評価に関しては、適用する3色FISHによる遡及的線量評価手法の国際規格化に貢献するとともに、一部の被検者から検体（血液）を採取し分析を進めた。

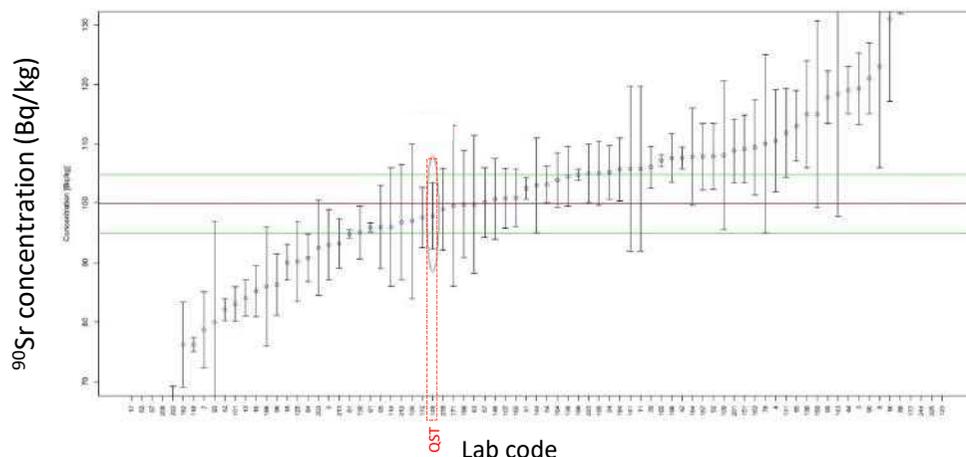
I.4.(2) 福島復興再生への貢献 (2 / 2)

■ 年度計画の達成状況 (業務実績)

- **放射性物質の環境中での動態**：原子力規制庁委託事業に基づき、固体廃棄物表面のウラン汚染及びネプツニウム汚染を全反射蛍光X線分析法で定量するための手法を開発。食品に係る環境移行パラメータを得るために、食用淡水生物の濃度データを用いて水からの放射性セシウム移行パラメータを導出。表面電離型質量分析計 (TIMS) を用いたストロンチウム同位体の高精度分析法について、従来の⁹⁰Sr分析法に比べ、約1/10の少量の試料で、試料処理から定量までの所要時間が24時間以内と迅速に精度よく測定できる方法を確認。さらに、住民の長期被ばく線量評価モデルの設計と構築を進め、生活環境から受ける外部被ばく線量評価システムを作成。
- **放射性物質の生態系への影響**：野ネズミの染色体異常を解析するためのFISH用プローブの開発を完了し (理研バイオリソース情報に登録)、実試料の解析を開始。また、各種環境生物での低線量率長期照射実験により、線量率効果関係を得るとともに、影響のメカニズムを解析。
- **福島研究分室**：研究環境の整備及び関係機関との連携を進め、平成31年度からの共同利用・共同研究拠点「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」の連携施設として認定された。得られた成果は第2回福島県環境創造シンポジウム等で発表。

【表面電離型質量分析計 (TIMS) を用いたストロンチウム同位体の高精度分析法の確立】

○ ⁹⁰Srのデータをより多く蓄積し、放射性Cs以外の放射性核種も含めた環境への影響や周辺環境から受ける被ばく線量をよりの確に評価することに役立つと期待される。Analytical Chemistry (Kavasi, and Sahoo., 2019) に掲載、プレス発表 (3月15日)。



IAEAによりおこなわれた試験(World-Wide Open Proficiency Test)での⁹⁰Srの分析結果は、Accepted score (合格ライン:緑色) が得られた。

表面電離型質量分析計 (TIMS)



Sample Type	⁹⁰ Sr/ ⁸⁸ Sr	⁹⁰ Sr conc. Bq/kg By TIMS	⁹⁰ Sr conc. Bq/kg reference
Milk powder	9.2E-09	97.85±5.6	99.9±5

I.4.(3) 人材育成業務 (1 / 1)

■ 中長期計画

- 量子科学技術等の次世代を担う研究・技術人材、放射線事故対応や放射線利用等に関する国内外の人材等の育成に取り組む。

■ 年度計画

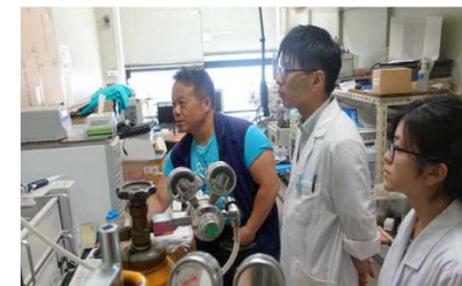
- 量子科学技術や放射線に係る医学分野における次世代を担う人材を育成するため、連携協定締結大学等に対する客員教員等の派遣を行うとともに、連携大学院生や実習生等の若手研究者及び技術者等を受け入れる。また、機構各部門において大学のニーズに合った人材育成を行うために、機構における受入れ等を重層的、多角的に展開する。
- 将来における当該分野の人材確保にも貢献するために、引き続き量子科学技術の理解促進に係る取組みを行う。
- 引き続き放射線防護や放射線の安全な取扱い等に関する人材及び幅広く放射線の知識を国民に伝える人材等を育成するための研修を実施するとともに、社会的ニーズに応え、放射線事故等に対応する医療関係者や初動対応者に対して被ばく医療に関連する研修を実施する。
- 国内外の研究機関等との協力により、研究者、技術者、医学物理士を目指す理工学系出身者を含む医療関係者等を受け入れ、実務訓練（OJT）等を通して人材の資質向上を図る。

■ 年度計画の達成状況（業務実績）

- QSTリサーチアシスタント**：量子科学技術分野等の若手人材育成のため、QSTリサーチアシスタント制度を運用し、24名の大学院生を雇用。
- 各種受入研究員**：客員研究員153名、協力研究員351名、実習生218名、連携大学院生39名、学振特別研究員3名、学振外国人研究員8名、原子力研究交流研究員3名の受入。
- QSTサマースクール**：平成30年7月～9月に開催し、65名（大学生、大学院生、専門学校生）が参加。参加者に対し実施した任意のアンケートにおいて、回答のあった全ての学生がQSTサマースクールの実施内容に満足し、今後の学業や進路決定に役立つとの回答が多く得られた。
- 研修及び出張授業**：放射線防護や放射線の安全な取扱い、被ばく医療等に関する研修を45回開催し、1,051名（延べ数3,317人日）【昨年度1,060名（延べ数3,050人日）】が参加した。また、出張授業を4回行い、235名【昨年度419名】が参加した。

■ 年度計画を上回る成果

- 研修生が主体的に課題解決に取り組むグループワークを導入した新しい教育方法に関する報告書（宮寄、他：Isotope News、2019年2月号）、放射線看護研修の社会的需要に関する原著論文（Shimizu, et al.: J Radiol Nurs, 38, 33-37, 2019）を発表。



平成30年度QSTサマースクールの様子

基本データ、評価指標及びモニタリング指標（1 / 2）

【基本データ】 ※平成30年度（平成29年度）

1. 予算額（単位：百万円） 3,685（998）
2. 常勤職員数（単位：人） 75（56）

【評価指標】

1. 技術支援機関、指定公共機関及び高度被ばく医療支援センターとしての取組の実績
 - ・ サーベイメータ等の校正及び維持管理
 - ・ 地方自治体からの地域防災計画等に関する照会に対する対応（2回）
 - ・ 道府県原子力防災担当者連絡会議への出席（3回）
2. 原子力災害対策・放射線防護等を担う機構職員の人材育成への取組の実績
 - ・ のべ12件
3. 被災地再生支援に向けた取組の実績
 - ・ 住民及び緊急作業員の被ばく線量評価
 - ・ 低線量率放射線の生物影響
 - ・ 放射性物質の環境動態と被ばく線量モデル構築、
 - ・ 放射線の環境影響等

上記について成果を上げており、福島復興再生への貢献のための調査研究が着実に実施
4. 研修等の人材育成業務の取組の実績
 - ・ 放射線防護や放射線の安全取扱い等に関係する人材の育成として、総計1,286名（のべ3,601名）の受講者を対象として39種の研修をのべ49回実施

基本データ、評価指標及びモニタリング指標（2 / 2）

【モニタリング指標】

1. 国、地方公共団体等の原子力防災訓練等への参加回数及び専門家派遣人数
 - 参加回数12回、派遣人数21人

2. メディアや講演等を通じた社会への正確な情報の発信の実績
 - メディア掲載：8件、講義・講演：129件

研究開発に対する外部評価結果、意見等（1 / 2）

平成30年度国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究開発評価委員会（平成31年3月18日）

●原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能

【計画】

基幹高度被ばく医療支援センターとして新しい役割を担う要請があり、その中長期計画に向かった体制強化などが求められており、その作業が進みつつある。原子力災害時、特に重要な線量評価、対応体制の整備に向け、適切にマネジメントされ中核機関としての機能が発揮されている。人材育成の枠組みを作った上で整備を進めることが肝要。考え方は妥当と思われるがそれを具現化する方法が重要と思われる。

【成果】

公的研究機関として担うことが期待されている放射線災害対応、放射線防護に関する研修企画を、多くの業務を堅実に実施することで中核機関としての役割を果たし、社会的ニーズに的確に応えてきたと判断できる。

新しく設立された基幹高度被ばく医療センターとして選定されたことは高く評価できる。その新しい体制作りができており、その成果が今後期待される。人材育成についての重要性の指摘はあったが、その成果について現在の評価の観点では明確な基準を設けるのは難しい。人員増加の要請は合理的だが、現在の体制でどの程度人員の増加に対応できるかについて計画を練ることが望ましい。

【今後】

今年度について非常に適切なマネジメントがなされている。次年度以降、新しい体制での成果が求められており、今年度について評価は次年度以降の基幹高度被ばく支援センターとしての体制作りが進んでいることを評価する。組織改革により高度専門的な支援に重点を移していくことが好ましい。

●福島復興再生への貢献

【計画】

福島原発事故から8年目であるが、このような取り組みは継続が重要であり、環境中の放射性物質の動態、野外生物に対する放射線影響に関する研究が、放射線影響研究として適切なマネージメントできちんと進められている。

【成果】

福島復興再生への貢献のための調査研究が着実に実施されている。放射線影響研究として進められてきている低線量率被曝に関する動物実験の成果、環境中での生物、食物での基礎的な線量評価研究、生物影響研究も地道であるが極めて重要である。また、住民の線量推計・疫学研究等、放医研の強みを生かした多方面にわたる取組みが展開され十分な成果が得られており、目標は達成できていると判断する。放医研ならではの研究業務の貢献は大きいものがあるが、政府、大学、NPOなど活発に活動している他の機関との連携も重要であり、全体の中での放医研の役割と貢献度が明示されてしかるべきと考える。

研究開発に対する外部評価結果、意見等（2 / 2）

平成30年度国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究開発評価委員会（平成31年3月18日）

● 福島復興再生への貢献（続き）

【今後】

社会的ニーズにどうこたえるかをさらに明確にして行くことが重要と考える。

放医研の他分野の研究成果を分かりやすく発信することにより、放射線に関する正しい知識の伝達という観点から福島復興再生に貢献できるものと期待されるが、地域住民を対象としたリスクコミュニケーションの展開に関しても、工夫をして進めて欲しい。

福島県民の安心感が数値として改善され、福島産の食品に対する風評がなくなるように継続して研究していただきたい。またマネジメントについて、連携の観点が必要ではないか。

● 人材育成業務

【計画】

多岐にわたる対象に対して、様々なレベルで「受け手に相応しい情報の提供」が実施できており、マネジメントの内容的には計画的で適切と判断できる。華やかさに欠ける基盤業務であるが、人材育成は重要度が高く、加えて国内では放医研が中心となって担う業務であり、継続的に進めていることは高く評価できる。

【成果】

福島原発事故に伴う不安解消や、医療における放射線治療の展開等、社会のニーズに沿った人材育成業務が実施されているものと評価する。

【今後】

より国民の関心が高まり、人材の重要性をアピールする施策を検討してほしい。教育関連人材の育成については諸学会とのさらなる連携も必要か。

適切な人材育成事業が展開されているので、継続的に取組んで欲しい。とりわけ、学校教育における放射線の知識の伝達、放射線リテラシーの向上が今後ますます重要となり、その意味で多くの専門家集団を有する放医研の役割は極めて大きい。

新たなミッションに対応できる人材・体制の整備が必要と考える。今まで培った人材育成のノウハウを原子力災害拠点病院に確実に引き継ぐことが重要を考える。

自己評価：A

【評価の根拠】

研究開発成果のわかりやすい普及及び成果活用の促進、国際協力や産学官の連携による研究開発の推進、原子力災害対策・放射線防護等における中核機関としての機能、福島復興再生への貢献、人材育成業務及び施設及び設備等の活用促進のそれぞれにおいて年度計画を達成するとともに、一部の業務においては以下のとおり、年度計画を大きく上回る成果を得た。

- 被ばく医療に関して、5センター連携によるオールジャパン体制を構築するとともに、量研内に分散していた被ばく医療に関する機能を集約し、被ばく医療の高度化を一体的・戦略的・機動的に進めるための体制強化を図り、「高度被ばく医療センター」を設置した。これにより、新たに指定されることに決定した被ばく医療の中心的・先導的役割を担う「基幹高度被ばく医療支援センター」としての役割を果たすための体制を構築した。

【課題と対応】

- 基幹高度被ばく医療支援センターとして、人材育成・確保のための人材データベース及び研修体系の運用を他センターと密に連携して主体的に実施していくことが重要。