

令和 2 年度業務実績について

令和 3 年 7 月 12 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 4 : 放射線影響・被ばく医療研究

中長期計画概要

	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
(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	

自己評価：B

評価軸（評価の視点）及び評価指標	評価の根拠
【評価軸】 ① 放射線影響研究の成果が国際的に高い水準を達成し、公表されているか。 【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	以下のとおり、年度計画を達成する成果を創出した。 他分野でも有用なマウスモデルの開発に成功し、放射線影響に対するカロリー制限の予防効果を解明して、被ばく後の不安解消に繋がる成果を得た。また、放射線誘発ラット乳がんのヒト乳がんとの共通性を解明して、動物での影響をヒトに適用する参考となる知見を得た。さらに野生型ラットの乳がんでも介在欠失変異を発見し、この変異が放射線誘発がんの特徴的であるという法則性を示した。また、ラット乳腺幹細胞の応答評価と抵抗性増殖細胞の発見は、発がんの起源解明につながる知見である（評価軸①）。 月面上の地形特性の利用や使用する材料によって、宇宙において現実的な放射線防護が可能であることを示した。水等価線量評価手法を開発し、RBEに代わる新たな指標を提案した。さらにこの解析法により、超高線量率での障害が少なくなる機序の一端を解明した。加えて、重粒子線治療の二次がんリスク評価に活用できる遡及的線量評価システムを完成した。さらに、魚介類の放射性ストロンチウム濃縮係数のデータベースを公開し、（評価軸①、評価指標①） その解析によって現実的な生活圏安全評価に貢献することが期待される。 副作用が少なく、高い修復能を有する治療候補薬の開発に関して、企業と共同で国際特許を出願した。放射線障害治療薬の開発につながる成果である。（評価軸①） 放射性核種の生体内化学形解析に加え、微量尿試料のウラン定量化手法を確立した。この技術を用いて多価アクチノイドの移行特性を示した。また、ウラン体内動態研究では腎臓尿管の一細胞イメージングを確立した。効率的な除染法の開発に大きく貢献するデータである（評価指標①）。 人工知能を導入した迅速染色体画像解析法に関し、同一細胞のPNA-FISH・ギムザ染色画像作成技術を構築し、ギムザ染色画像の判定精度の向上のための教師データを作成した。さらに、染色体断片が線量評価の指標として使用できることを実証し、その使用条件を明らかにした。従来3日間を要していた解析を10分間で行えるようになるこのシステムは被ばく事故現場の対応状況を劇的に改善する可能性を有している。（評価軸①、評価指標①） これら多くの成果が高い水準の国際誌に発表され、ヒトの影響評価に繋がる基礎的発見や放射線誘発がんの特徴の法則性の解明等、様々な環境や治療に応用できる成果を創出し、放射線防護・放射線障害治療への貢献が期待されることから自己評価Bとした。

I.1.(4) 1) 放射線影響研究 (1/8)

年度計画	主な業務実績	達成状況
被ばく時年齢依存性と線質に関する動物実験で得られた腫瘍の病理解析を行い、リスクモデル構築に必要な年齢ごとの臓器別の生物学的効果比の評価を進める。また、放射線発がん影響の修飾の効果、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を継続し、順次解析する。	● 被ばく時年齢依存性に関しては、動物実験で得られた腫瘍の病理解析を行い、リンパ腫・甲状腺がん・肝がんの被ばく時年齢依存性の評価を進めた。リンパ腫のリスク解析の論文が公表され(J Radiat Res IF 2.0)、一部のがんで原因遺伝子を明らかにした(日本放射線影響学会優秀演題発表賞 2020年10月)。 ● 線質に関しては、炭素線、中性子線によるマウスの寿命短縮の年齢別の生物学的効果比、肺がん誘発の生物学的効果比の評価を計画通りに進めた。 ● 放射線発がん影響の修飾の効果については、他分野でも有用で汎用性の高い腸腫瘍悪性化のマウスモデルの開発に成功し(計画を上回る成果)、小児期の被ばくによる腸腫瘍の悪性化をカロリー制限が予防すること、カロリー制限は成人期からでも有効であることも解明した(Anticancer Res IF 2.0、プレス発表 2021年3月)。妊娠経験による放射線誘発乳がん低減効果に関して機構解析を継続し、母親の高脂肪摂取の子世代への影響に関して、腫瘍以外による死亡率の増加の再現性を確認し、死因の病理解析を継続した。 ● 生活リズムの乱れや心理的ストレスの短期影響を明らかにし、さらに放射線発がん影響に対する修飾及び低減効果を明らかにするため長期飼育を継続し、順次、病理解析を実施した。 ● 低線量率放射線の影響については、復興特別会計終了後も文科省、環境省の外部資金を獲得して、甲状腺がん、消化管腫瘍リスクの解析、被ばく中の組織応答の解析を継続した。	◎
次世代ゲノム・エピゲノム技術等により、放射線誘発マウス胸腺リンパ腫、肝がん、消化管腫瘍、ラット乳がん、肺がんにおける被ばく時年齢の影響の解析を継続するとともに、リスクモデル構築に必要なラット乳腺やマウス髄芽腫、胸腺リンパ腫の幹細胞を評価する実験を行い、遺伝子改変動物の発がん実験を継続し、新たに、がんの起源細胞を捉えることができる細胞系譜解析実験を開始する。	● 次世代ゲノム・エピゲノム技術等により、放射線誘発マウス胸腺リンパ腫のエピゲノム異常の年齢依存性、消化管腫瘍の放射線に起因するゲノム異常の評価手法開発、リンパ腫・肝がん・乳がん・肺がん等のゲノム異常を探索した。その結果、中性子線及びγ線被ばく後のラット乳がんの亜型及び変異遺伝子がヒト乳がんのそれと共通していることを解明したが、これは動物での影響をヒトに適用する参考となる知見である。さらに、R1年度の遺伝子改変モデルでの報告に続き、野生型の乳がんモデルでも介在欠失変異が放射線の特徴であることを発見して、介在欠失変異が放射線誘発がんの特徴的であるという法則性を示した(計画を上回る成果)(Anticancer Res IF2.0)。 ● ラット乳腺幹細胞の放射線応答が細胞の種類(基底細胞・内腔細胞)により大きく違うことを示し、これを通してモデル解析に使用できるパラメータを取得した(Radiat Res IF2.0)。関連した実験で、乳腺にごく少数の放射線抵抗性増殖細胞が存在することを発見し、発がんの起源解明につながる知見となった(計画を上回る成果)(Radiat Environ Biophys IF1.3)。また、マウス髄芽腫の幹細胞を評価する実験、遺伝子改変ラットモデルの発がん実験を継続し、遺伝子変異によるリスクの違いを確認した(日本放射線影響学会優秀演題発表賞 2020年10月)。さらに、様々な組織の幹細胞を長期に追跡できる遺伝子改変マウスの実験系を立ち上げ、実験を開始した。	◎

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出、年度計画を上回る実績は、下線有

I.1.(4) 1) 放射線影響研究 (2/8)

年度計画	主な業務実績	達成状況
国民が受けている被ばく線量の把握に資するため、環境放射線の計測技術の開発及び調査、職業被ばくに関する調査並びに自然放射性物質による被ばくに関する調査を進める。また、医療法施行規則の一部改正を踏まえ、医療被ばくの把握のため、透視撮影や一般撮影における患者被ばく線量の評価システムの開発とデータ収集技術の開発を進める。	● 肺がんリスク評価に重要な屋内ラドン濃度について、環境パラメータに依存した屋内への流入・流出に関するモデルを開発したことにより、屋内の空気品質評価や国民線量の推定に利用可能になった。 ● 国際宇宙ステーション軌道上よりも過酷な放射線環境である月や火星等の深宇宙へと有人探査が移行しつつある現状に鑑みて、R1年度の宇宙環境における線量計測の成果をさらに発展させ、<u>月面上の地形特性を利用することや(J Radiol Prot IF 1.3, 2020年10月1日プレス発表)</u>、効果的な遮へい機能を有する宇宙機材料(Life Sci Space Res IF 2.5)によって、現実的な放射線防護が可能であることを示した(計画を上回る成果)。 ● 蛍光プローブを用いたOHラジカル定量測定により水等価線量評価手法を開発した(Radiat Phys Chem IF 2.2)。これを基盤として、異なる線質の放射線の生物効果を統一的に記述可能な、直接作用と間接作用の比を基準としたRBEに代わる新たな指標を提案した(J Radiat Res IF 2.0)。さらに、この解析法を用いて、超高線量率放射線治療(FLASH)において、陽子線の線量率に対するラジカル生成率の変化を実測した結果、放射線の飛跡近傍の急激な低酸素化を実験的に示し、正常組織障害が少なくなる機序の一端を解明した(RSC Adv IF 3.1, 2020年10月27日プレス発表)(計画を上回る成果)。 ● 医療現場や原子力災害事故等での内部被ばく線量評価の精度向上のため、大気中放射性核種測定装置のトリトンガスの影響を明らかにした。これまでに開発した患者被ばく線量の評価システムに、患者のBMI値を用いて臓器被ばく線量評価の精度を向上する機能や、患者体厚を考慮した線量指標を算出する機能を追加する開発を進めた。これまでに放射線検査を目的として開発したDICOMからのデータ収集技術を応用し、重粒子線治療の2次がん発生リスク評価に活用できる遡及的線量評価システムを完成した(J Radiat Res IF 2.0)(計画を上回る成果)。	◎
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を検討してまとめる。また、動物実験アーカイブの登録を継続して進め、公開用システムでのサンプル検索と画像閲覧の運用を推進する。	● 放射線リスク・防護研究基盤(PLANET)運営委員会で検討した重点研究課題について、「動物実験データを利用した線量率効果係数の解析(Radiat Res IF2.7)」に続き、「動物実験における線量率効果検討の基盤となる生物学的メカニズムに係わる論文レビュー」の論文を投稿準備や、新たに早期発症モデルの検討を開始し、国内では日本保健物理学会で取り組みを発表した。 ● 国外機関連携として、経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)の低線量放射線リスクに関する専門家グループの会合や(7月、Web)、Radiation/Chemical AOP Workshopに参加した(10月、Web)。 ● 放射線影響アーカイブ「J-SHARE」については、登録と閲覧の運用を推進したほか、利活用促進に向け外部有識者を含む運営組織委員会を設立し、第1回会議を開催した(2021年2月2日)。J-SHAREを利用した共同研究4報が採択された。	○
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る	● 生活圏に放出された放射性核種の土壌-土壌溶液間分配係数(Kd)に関し、我が国で初めて実環境中でのプルトニウム等のデータを取得など移行挙動の解明を進めた。さらに、これまで蓄積された生息水から魚介類への放射性ストロンチウムの濃縮係数のデータを収集し、さらにデータベース化して公開した。これまでの不確実性の原因が明らかになり(Env Sci Technol IF 7.8)、現実的な生活圏安全評価に貢献することが期待される(計画を上回る成果)。	◎

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出、年度計画を上回る実績は、下線有

I.1.(4) 1) 放射線影響研究 (3 / 8)

＜影響評価＞ 腸腫瘍悪性化モデルを開発し、カロリー制限による被ばく後の腸腫瘍悪性化の予防を証明

- ・原発事故被災地域では、生活習慣改善によるがん予防の取り組みが進められているが、被ばく後のがん予防法の知見は少ない。
- ・今回、従来の良性腸腫瘍モデルマウスを改良して、悪性化を評価することが可能な、汎用性の高い実験系を開発することに成功した。
- ・このモデルを用いて、小児期の被ばくによる腸腫瘍の悪性化をカロリー制限が予防すること、カロリー制限は成人期からでも有効であることを見出した。

① 腸腫瘍の悪性化モデルの開発

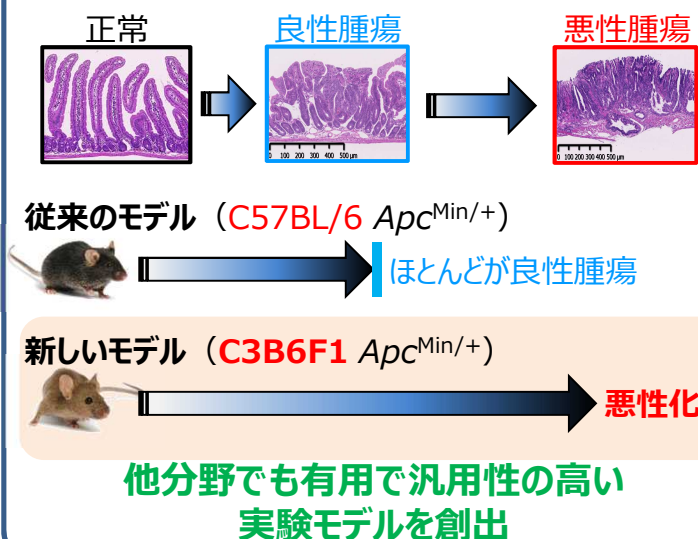
ヒト家族性大腸腺腫症モデルマウス ($Apc^{Min/+}$) の背景系統を工夫しヒトに類似したマウスモデルを開発。良性腫瘍の過多による死亡を減らし、長期観察が可能になったことより、悪性化の解析が可能に

② カロリー制限の効果の証明

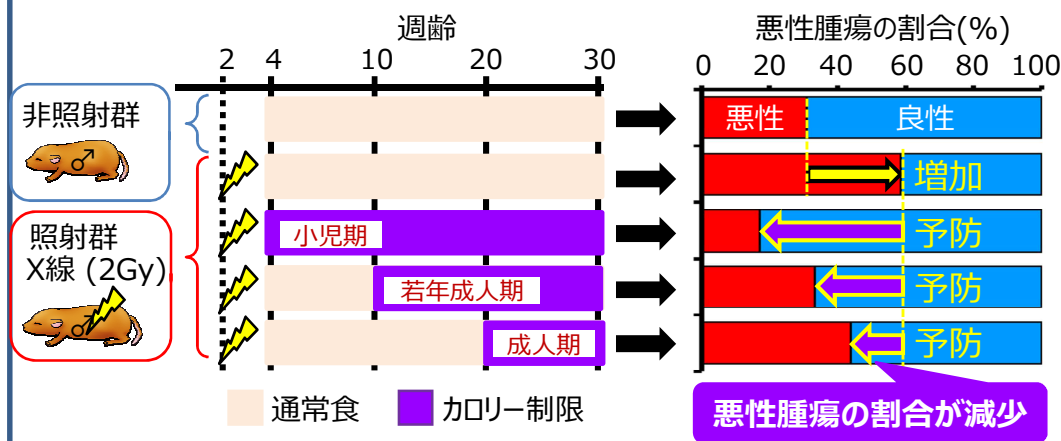
悪性化モデルマウスを利用して、小児期の被ばくによる腸腫瘍の悪性化をカロリー制限が予防すること、カロリー制限は成人期からでも有効であることを示した。

Anticancer Res (IF 2.0)
プレス発表 R3年3月

腸腫瘍の進行過程



カロリー制限実験と悪性腫瘍の割合



放射線災害・医療等による被ばく後に懸念される発がんの予防、健康影響に対する不安の解消に繋がることが期待される

I.1.(4) 1) 放射線影響研究 (4 / 8)

＜影響評価＞ 次世代ゲノム技術、幹細胞技術を活用して、乳腺の放射線発がんのメカニズムを解明

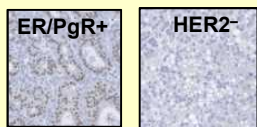
- 放射線被ばく後のがんリスクを科学的に理解し予測するため、発がんのメカニズム解明が必要である。
- ラット乳がんのヒトとの共通性を評価し、さらに、遺伝子改変動物の放射線発がん欠失変異が特徴であることの一般性を、非改変動物で実証した。
- ラット乳腺における2種の幹細胞の放射線感受性を評価し、さらに、ごく少数の放射線抵抗性の増殖細胞が存在することを発見した。

① 放射線の特徴的変異を野生型固形がん初めて発見

● ラット乳がんモデルのヒト乳がんとの共通性を解明

共通点1 ルミナル型病理像

共通点2 点変異を持つ遺伝子

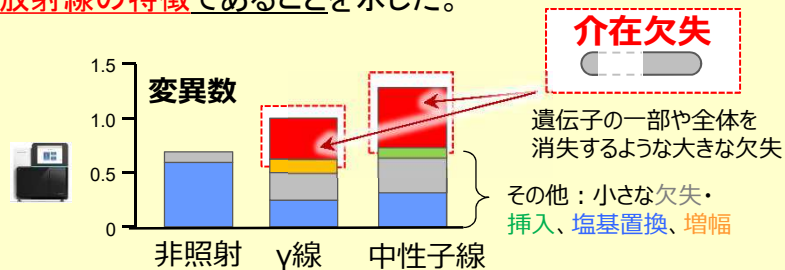


Rad50 Epha2 Prdm5 Mef2b
 Brca2 Dusp6 Camta1 Flna
 Fance Nfe2l2 Tp53 Fat4
 Cdkn2a Cul3 Cux1 Mtap
 Lzts1 Pik3r1 Smarca2 Abcg2
 Lats1 Cxnc4 Smarca4



動物で得られた知見をヒトに適用する際の参考となる

● 野生型マウスの乳がんでも遺伝子改変マウスと同様の**介在欠失**が放射線の特徴であることを示した。

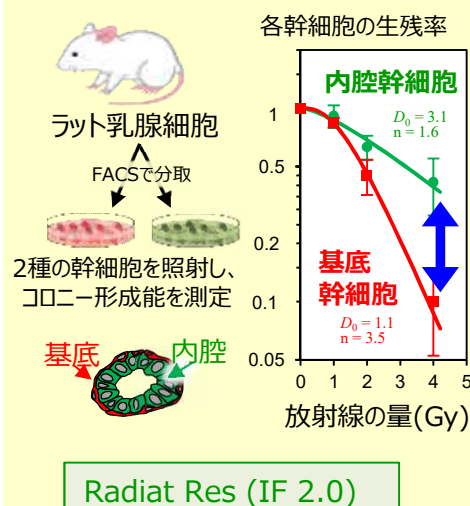


放射線発がんの鋭敏な検出技術につながる成果

Anticancer Res (IF 2.0)

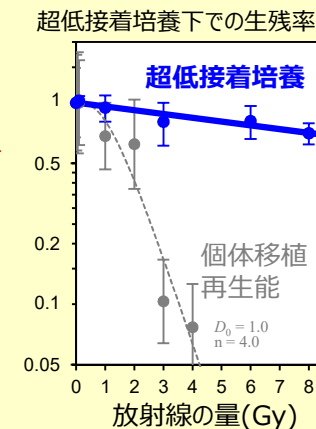
② 様々な乳腺幹(前駆)細胞の放射線感受性を解明

● 発がんの元となる2種の乳腺幹細胞(内腔・基底)の放射線感受性を評価し、両者が大きく異なることを示した。



得られた数値を用いた被ばくリスクを予測するリスクモデルの構築につながる成果

● さらに、超低接着培養により、ごく少数の放射線抵抗性増殖細胞を濃縮できることを発見



発がんの起源解明につながる成果

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (5 / 8)

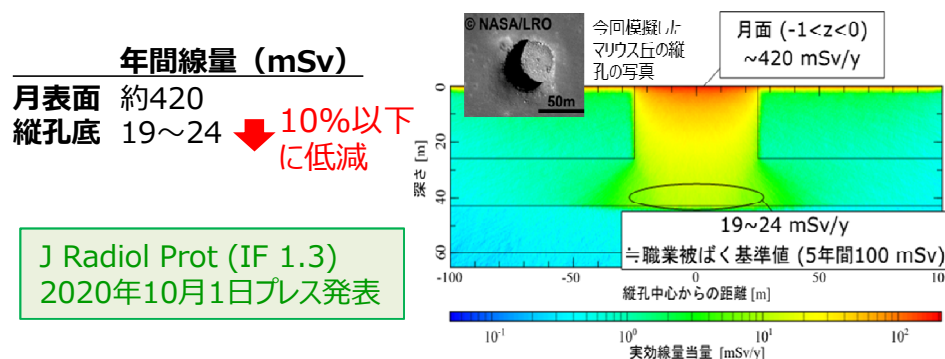
＜線量評価＞ 被ばく線量評価や評価法の開発で、宇宙の放射線防護の可能性を検討

- 地球上の放射線環境（年間約2.1mSv日本平均）に比べて200倍も過酷な月（年間約420mSv月表面）や宇宙空間において、放射線防護の可能性は不明であった。月の縦孔地形を利用や新たな複合材料の開発により被ばく線量低減の可能性を検討した。

過酷な宇宙放射線環境における防護技術の開発

①月縦孔地形の利用検討（JAXA等との共同研究）

- 地球上の放射線環境(年間約2.1mSv日本平均)に比べて200倍も過酷な月(年間約420mSv月表面)において、月の縦孔地形を利用することで宇宙放射線による被ばく量を月表面の10%以下(年間約19～24mSv縦孔底面)まで低減可能であることを発見
- マリウス丘の縦孔内線量分布を精密にシミュレーションした結果、底面では職業被ばく基準値(100mSv/5年以下)内であり、**長期滞在に向けた有力な候補**



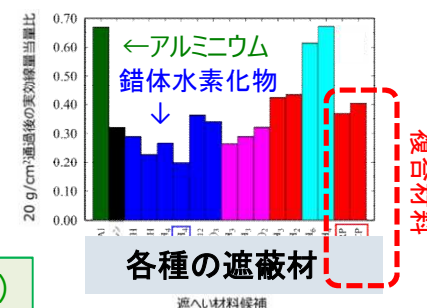
②宇宙機用遮へい材料の検討（三菱重工との共同研究）

- 複合材料(炭素繊維強化プラスチック等)や錯体水素化物(水素を多く含む金属材料)に着目
- 複合材料は宇宙機の構造体かつ遮へい体として、錯体水素化物は究極の遮へい材として期待
- 宇宙放射線を模擬したHIMACビーム実験（陽子～鉄）とシミュレーションの両面から、複合材料はアルミニウムよりも最大1.8倍、錯体水素化物は最大2.4倍優れた遮へい効果が得られることが分かった
- 錯体水素化物は理論上の物質であるため材料合成の研究が今後必要であるが、**複合材料は直ぐに適用が可能**

	強度	遮へい効果
アルミニウム	○	×
複合材料	○	○
錯体水素化物	?	◎

↑ 1.8倍
↑ 2.4倍

Life Sci Space Res (IF 2.5)



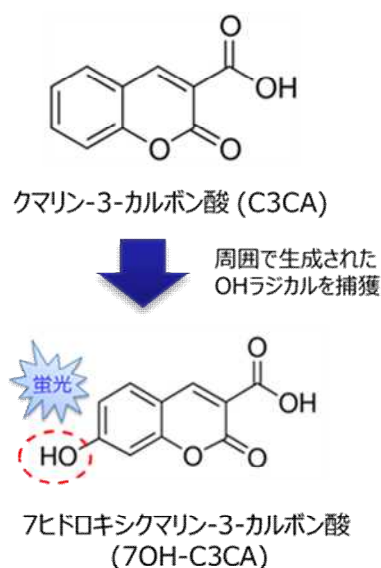
I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (6 / 8)

＜線量評価＞ 間接効果を基準とした水等価線量評価法の開発と応用

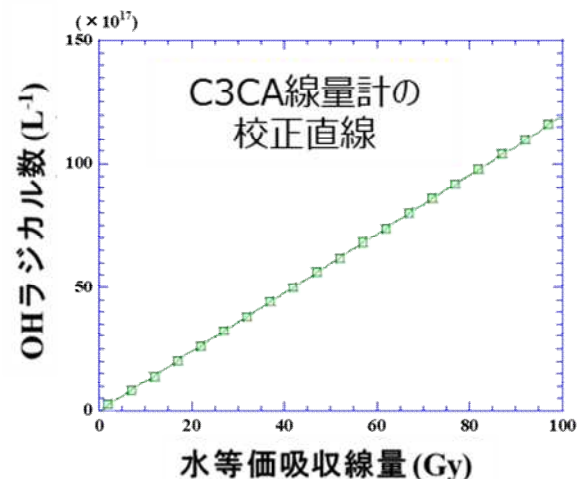
- 生物効果で重要な間接作用に基づく線量評価法がなかった。OHラジカル量に基づく線量評価手法ならびに生物影響を記述する新たな指標を開発した。更にこの方法を応用し、超高線量率放射線治療(FLASH)のメカニズム解析を行い、作用機序の一つである低酸素化現象を明らかにした。

蛍光プローブによるOHラジカル量に基づく水等価線量評価とその応用

① 水の放射線分解で生じたOHラジカルによる間接的な損傷に着眼した蛍光プローブを用いた水等価線量評価法を開発



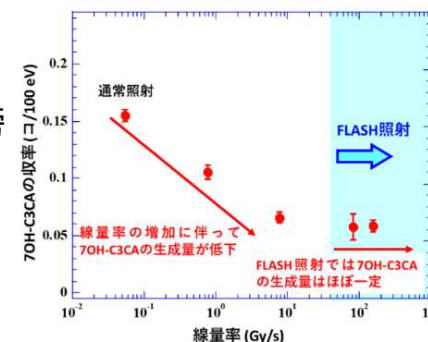
・Radiat Phys Chem (IF 2.2)
 ・J Radiat Res (IF 2.0)
 ・RSC Adv (IF 3.1)



C3CA は周囲で生成されたOHラジカルを捕獲し、7ヒドロキシクマリン-3-カルボン酸 (7OH-C3CA) となり、線量に応じた蛍光を発する

② 超高線量率放射線治療 (FLASH) の作用機序の解明への応用

陽子線FLASHにおいて、飛跡近傍の急激な低酸素化を初めて実験的に示した



2020年10月27日
プレス発表

水等価線量評価法を用いて、放射化学的な視点からFLASHの作用機序を解明することにより、FLASHによるがん治療の進展につながると期待される。

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (7/8)

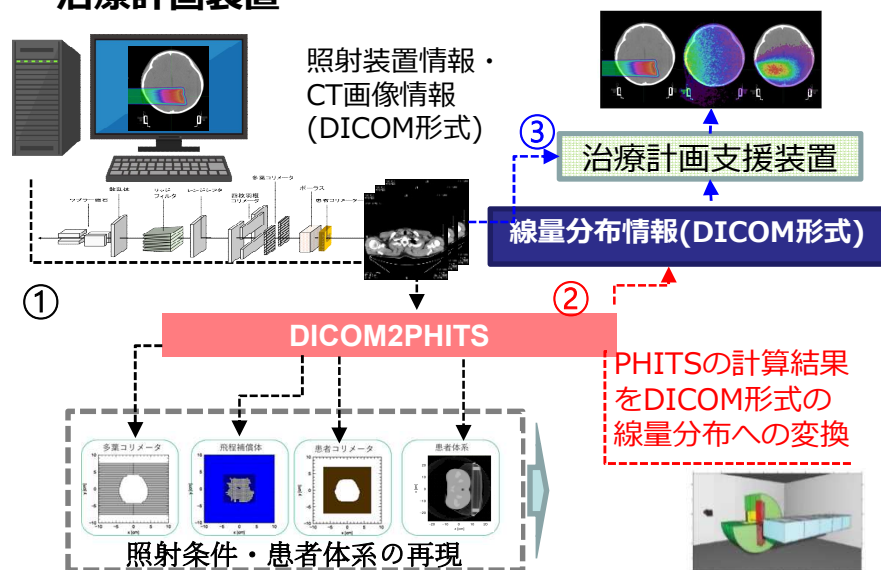
＜線量評価＞ 治療計画データから医療被ばくの把握

- これまでに検査の線量評価のために開発したDICOMからのデータ収集技術を応用し、重粒子線治療患者の2次がんリスク評価法を確立するため、治療部位から離れた領域の線量分布を再評価するためのシステムを開発した。

医療法施行規則の一部改正による医療被ばくの把握と患者への説明に向けたエビデンス

遡及的に治療部位から離れた領域の線量分布を再評価するためのシステム開発

治療計画装置

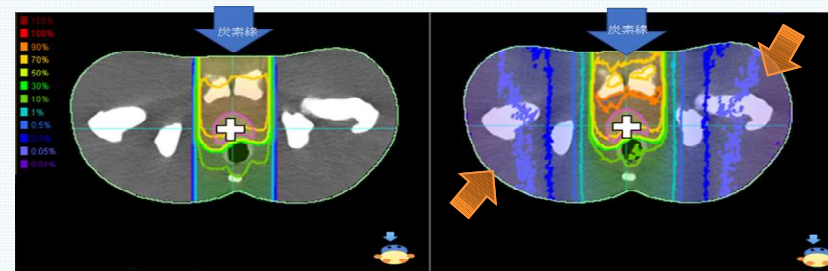


治療計画装置内に保存されたDICOM形式のデータからPHITSの計算に必要な照射装置体系の自動構築

DICOM2PHITS :

- ・DICOM形式のデータからPHITS計算用に自動構築
- ・PHITSの計算結果をDICOM形式の線量分布への変換

治療計画装置(左)と本システム(右)で計算した模擬人体ファントム内での物理線量分布比較。治療部位から離れた低線量領域(矢印)正確に線量計算が可能になった。



→重粒子線治療二次がん追跡疫学調査や治療計画システムへの2次癌予測システム組み込みに展開を予定。

J Radiat Res (IF 2.0)

I.1.(3) 1) 放射線影響研究 (8/8)

＜線量評価＞ 環境生物の濃縮係数データから生活圏安全評価

- 放射性核種の移行挙動の解明を進めるとともに、これまで蓄積された生息水から魚介類への放射性ストロンチウムの濃縮係数のデータを収集し、さらにデータベース化して公開した。

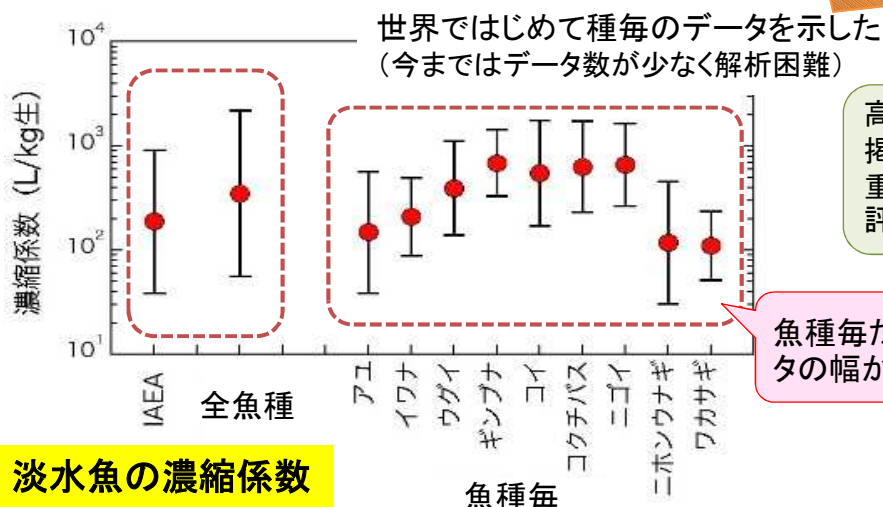
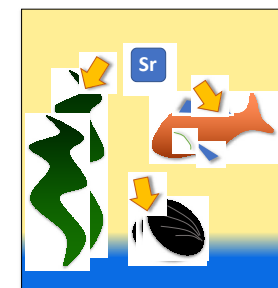
放射性ストロンチウムの水-魚介類濃縮係数のデータベース化

- 世界最大**3800件**のストロンチウム濃縮係数データを収集・公開
- 日本のデータの9割を新たに算出し加えた
- データベース化により、これまでの不確実性の原因が明らかに

→ 不確実性の小さい**我が国のデータにより、現実的な生活圏安全評価が可能となる**

データベース化 (公開)

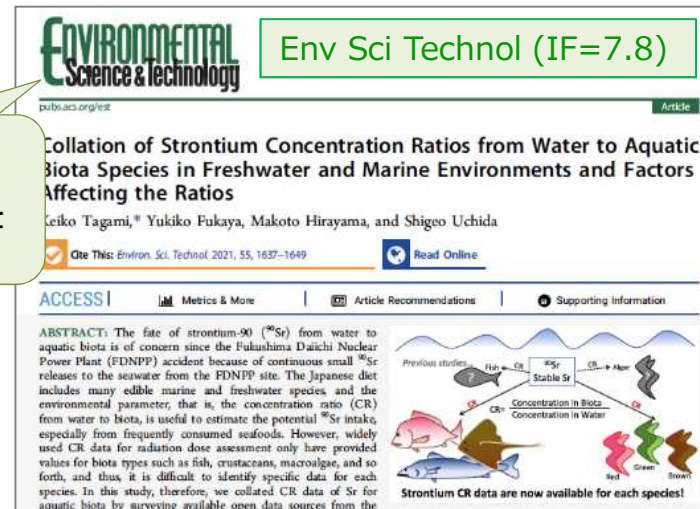
Environment	Observation (Stable Sr or 90Sr)	Country	Type of biota	Tissue	name	Sampling date	CR	CR _{90Sr}	CR _{90Sr} (Calc.)	CR _{90Sr} (Calc.)	CR _{90Sr} (Calc.)	
Marine	90Sr	th Korea	Fish	Whole	Flounder	1999/1/1	7.819	0.001	1999/1/1	1.2	Calculated	1.7 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Molluscs	Muscles	Conch	1999/1/1	3.559	0.001	1999/1/1	1.2	Calculated	1.7 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Fish	Whole	Flounder	1999/1/1	4.741	0.001	1999/1/1	1.3	Calculated	2.7 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Brown algae	Whole	Wakame	1999/1/1	6.919	0.040	1999/1/1	2.4	Calculated	3.4 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Fish	Whole	Flounder	1999/1/1	2.688	0.040	1999/1/1	2.4	Calculated	2.8 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Brown algae	Whole	Wakame	1999/1/1	3.565	0.000	1999/1/1	2.4	Calculated	2.7 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Fish	Whole	Flounder	1999/1/1	4.333	0.009	1999/1/1	2.4	Calculated	2.7 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Molluscs	Muscles	Mussel	1999/1/1	3.166	0.11	1999/1/1	2.5	Calculated	8.8 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Brown algae	Whole	Wakame	1999/1/1	2.082	0.013	1999/1/1	2.4	Calculated	3.4 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Fish	Whole	Flounder	1999/1/1	1.298	0.013	1999/1/1	2.5	Calculated	8.8 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Brown algae	Whole	Wakame	1999/1/1	4.086	0.048	1999/1/1	2.4	Calculated	3.4 Yang 2002
Marine	90Sr	th Korea	Brown algae	Whole	Wakame	1999/1/1	3.565	0.051	1999/1/1	2.5	Calculated	3.5 Yang 2002



淡水魚の濃縮係数

高IFのジャーナル
掲載: 世界でも貴重
なデータセットと
評価された

魚種毎だとデータ
の幅が狭い



I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (1/7)

年度計画	主な業務実績	達成状況
放射線障害からの組織再生研究に向け、障害モデル・治療シーズの探索を継続するとともに、新規分子の治療効果を実証する。放射線障害治療等に応用可能な幹細胞の高品質化に向け、前年度に得られた変異低減化系の機構解析を進めるとともに、様々な変異低減化の可能性を検証する。これまでに構築できたin vivoでの相同組換え活性測定系を用い、種々の組織における活性を明らかにし、発がんとの関連を解析する。また、過酸化水素分解能欠如モデルマウスを用いて組織障害又は障害性因子の物理化学的計測を継続するとともに、障害性因子と細胞内分子との反応機構の解析を進める。	● 副作用が少なく、高い小腸放射線障害修復能を有する新規糖鎖治療候補薬の開発に関して、企業と共同で国際特許を出願した。 ● がんや疾病との関係が示唆されつつもこれまで困難だったマイクロサテライトのゲノムワイド解析を可能にし、iPS細胞でこれらが不安定であることを見出した。 ● がん細胞の中でも特に浸潤リスクが高い「高浸潤性がん細胞」を標的とし、細胞生存率に影響のない低濃度で「浸潤能を効率よく阻害」できる薬剤を見出した(BMC Cancer 2020, IF 3.2)。 ● またアスコルビン酸によるニトロニルニトロキシラジカル消去反応に量子トンネル効果が関与していることを明らかにし(Chem Commun 2020, IF 6.0) (計画を上回る成果)、また放射線により水中にクラスター状に生成する高濃度過酸化水素の検出とその距離の測定に成功した (Free Radic Res 2020, IF 2.8)。	○

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (2/7)

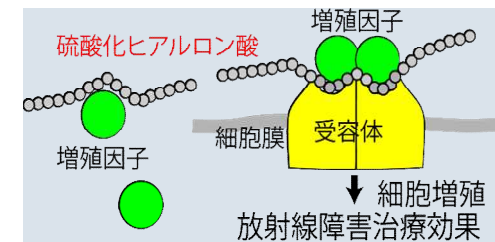
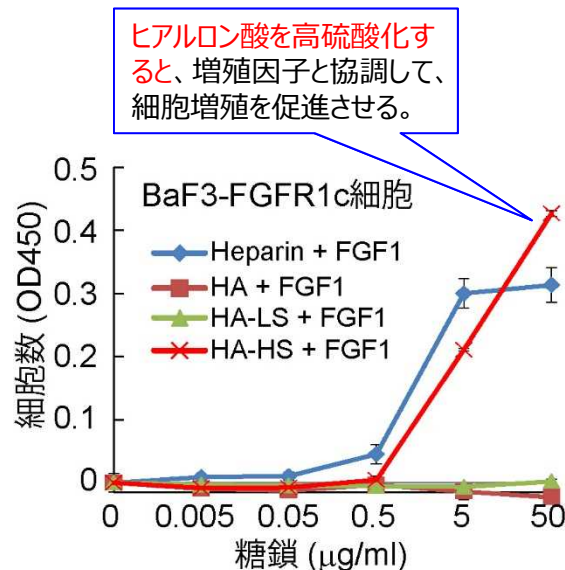
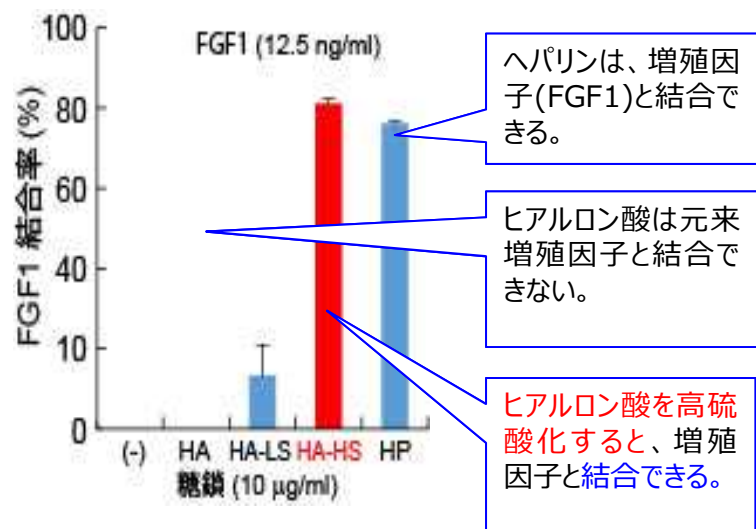
年度計画	主な業務実績	達成状況
大規模な放射線災害を含む多様な放射線被ばく事故に対応可能な個人被ばく線量評価手法の整備を行うため、トリージ線量評価に関する技術開発を進めるとともに、FISH法を含めた生物及び物理線量評価手法の調査・開発を進める。	● 原子力規制庁からの委託研究（2017～2019年度）において開発した小児用甲状腺モニタの軽量化を行うとともに、同様に原子力規制庁の委託研究により行った先行研究（2018～2019年度）の成果をもとにAIによる染色体画像判定アルゴリズムの改良を行った。後者では、同一細胞のPNA-FISH・ギムザ染色画像作成技術を構築し、汎用性は高いが判定には経験を要するギムザ染色画像の判定精度の向上のための教師データを作成した。さらに、染色体断片が線量評価の指標として使用できることを実証し、その使用条件を明らかにした（計画を上回る成果）。また、PuとUによる創傷汚染に対するモニタリング手法として、創傷部の血液を採取したろ紙を蛍光X線分析する方法を先行研究により提案したが、開発したピークフィッティング手法により、UがPuの500倍程度存在する場合においても両者が弁別できることを確認した。	○
内部被ばく線量の低減を目的として、放射性核種の効果的な排出促進方法や除染薬剤剤型の開発に活用するために、放射性遷移金属の体内分布と代謝の精細定量解析技術の精緻化に向けた研究を継続するとともに、生体線量評価技術の開発を行う。特に生体内放射性核種の化学形情報の拡充を図る。さらに、平成29年6月に国内で発生した核燃料物質による内部被ばく事故において被ばくした作業員の内部被ばく線量解析を継続する。バイオアッセイの迅速化及び標準化のための分析手法の改良を進めるとともに、その有効性を国際間相互比較試験等で確認する。	● 除染剤と配位した放射性核種の動物体内における移行速度解析を進め、多価アクチニドの移行特性を示した。 ● 量子ビーム技術を積極的に取り入れ、放射性核種の生体内化学形解析に加え、微量尿試料のウラン定量手法を確立した（Minerals, 2021, IF 2.4）。 ● ウラン体内動態研究では分布解析の精細化を進め、マイクロPIXEによる腎臓尿細管の一細胞イメージングを確立した（Minerals, 2021, IF 2.4）。 ● 平成29年6月に国内で発生した核燃料物質による内部被ばく事故に被災した作業員から得られた線量計測値について、体内除染剤を効果を考慮した体内動態モデルを用いた解析を継続した。アクチニドバイオアッセイに関して、昨年度参加した国際間相互比較試験（PROCORAD）において分析精度が良好に維持されていることを確認するとともに、PuとNpが混在した試料を対象として質量分析法を用いた手法を提案した。	○

※達成状況 ○：達成、－：未達、◎：年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (3/7)

新規糖鎖による放射線障害治療効果の作用機序の解明

- ヘパリン(糖鎖)には、放射線障害治療効果があるが、出血の副作用のため創傷治療に使えなかった。
- 昨年度、副作用のない新規糖鎖(高硫酸化ヒアルロン酸)を創製し、ヘパリン同様の放射線障害治療効果を動物実験で示した。
- 本年度、この新規糖鎖の作用機序を解明した。すなわち高硫酸化ヒアルロン酸は増殖因子と結合でき、増殖因子の受容体への反応性を増加させることで、放射線障害治療効果を示すことを明らかにした。



この硫酸化ヒアルロン酸の放射線障害治療効果に対する作用機序の解明は、その医療効果への信頼性を増すとともに、さまざまな医療応用につながる成果である。特に、不安定な蛋白質である増殖因子医薬品との組み合わせは、有望な用途である。

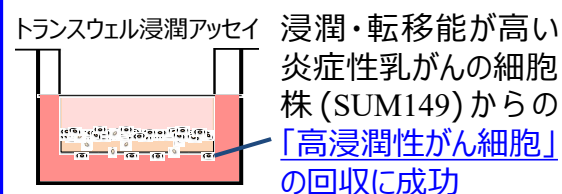
・国際特許出願 (令和2年8月)

I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (4 / 7)

がん治療法、特に放射線がん治療との併用を目指した治療法シーズの探索

・がん細胞の中でも特に浸潤リスクが高い「高浸潤性がん細胞」を標的とし、細胞生存率に影響のない低濃度で「浸潤能を効率よく阻害」できる薬剤を見出した。(被ばくの長期影響の治療に関する研究)

「高浸潤性がん細胞」の回収に成功



「高浸潤性がん細胞」の特徴を発見

「高浸潤性がん細胞」は、著しく解糖系に依存した代謝系を持つことを見出した

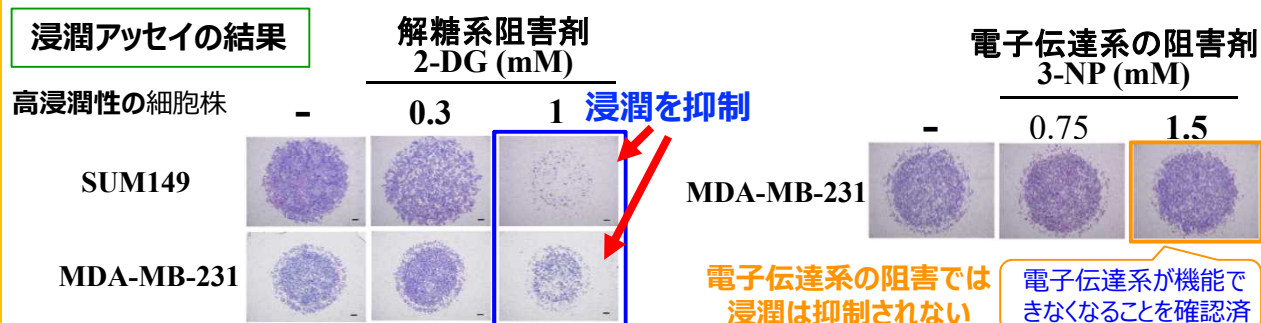
解糖系の阻害剤は「高浸潤性がん細胞」の

- ・浸潤抑制に有効か？
- ・細胞への副作用は？

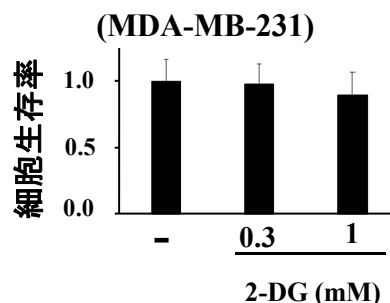
解糖系阻害剤 2-デオキシグルコース (2-DG):

低濃度で浸潤能を抑制できることを発見

浸潤アッセイの結果



2-DG (1 mM)は細胞生存率に影響しない低い濃度である。

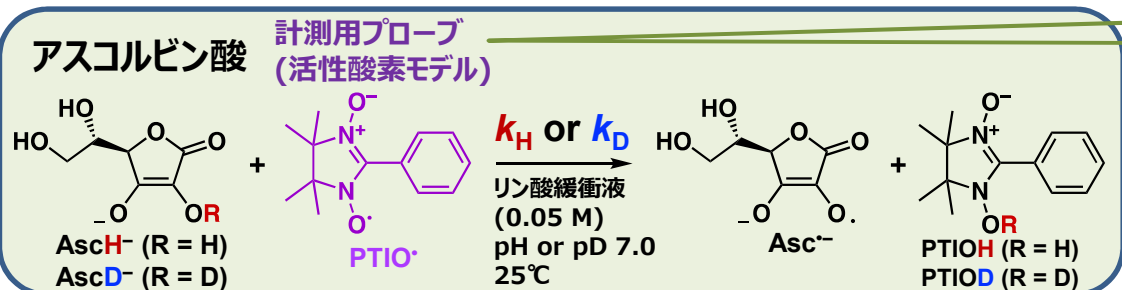


「高浸潤性がん細胞」の特徴を明らかにすることで、細胞生存率に影響のない低濃度でも「高浸潤性がん細胞」の浸潤能を効率よく抑制できる薬剤を見いだすことができた。副作用の少ない浸潤抑制剤の開発に貢献。

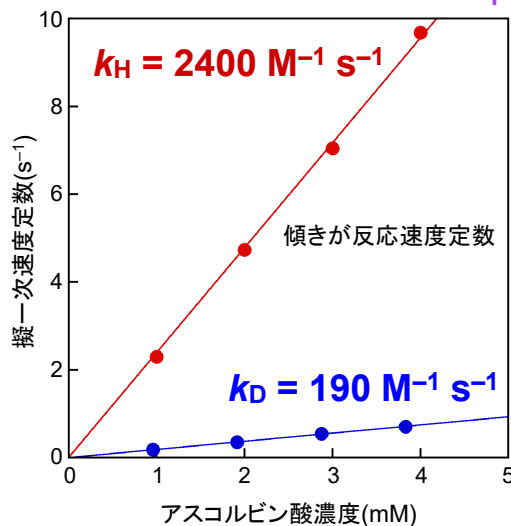
Fujita et al., BMC Cancer. 2020;20(1):929

I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (5/7)

生体内抗酸化作用の主役であるアスコルビン酸（ビタミンC）の反応機構（水素移動）における量子トンネル効果の関与を発見 – トンネル効果に着目した高抗酸化剤創出の可能性 –



生理環境下でも使える抗酸化物質
活性測定用プローブ。

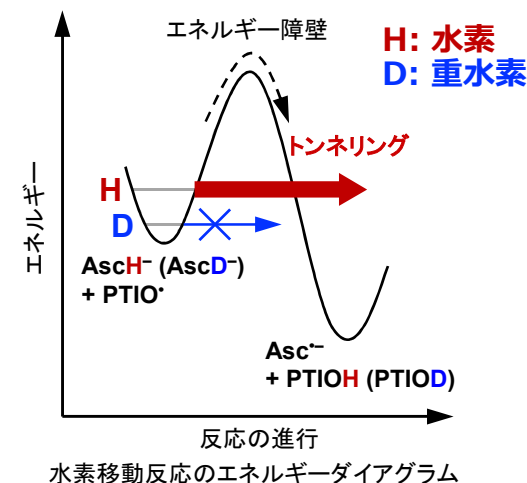


k : 反応速度定数 (k_{H} or k_{D})

$$k_{\text{H}} / k_{\text{D}} = 12.8$$

$k_{\text{H}} / k_{\text{D}}$ が 7.9 より大きいこと
等から、トンネル効果の関与
が示された。

量子トンネル効果



今後、複数のトンネル効果が寄与する反応例を見つけ出し、それらの構造上の共通点を浮き彫りにすることができれば → トンネル効果の利用 → 反応効率の劇的上昇、熱力学的には起こらない反応の実現

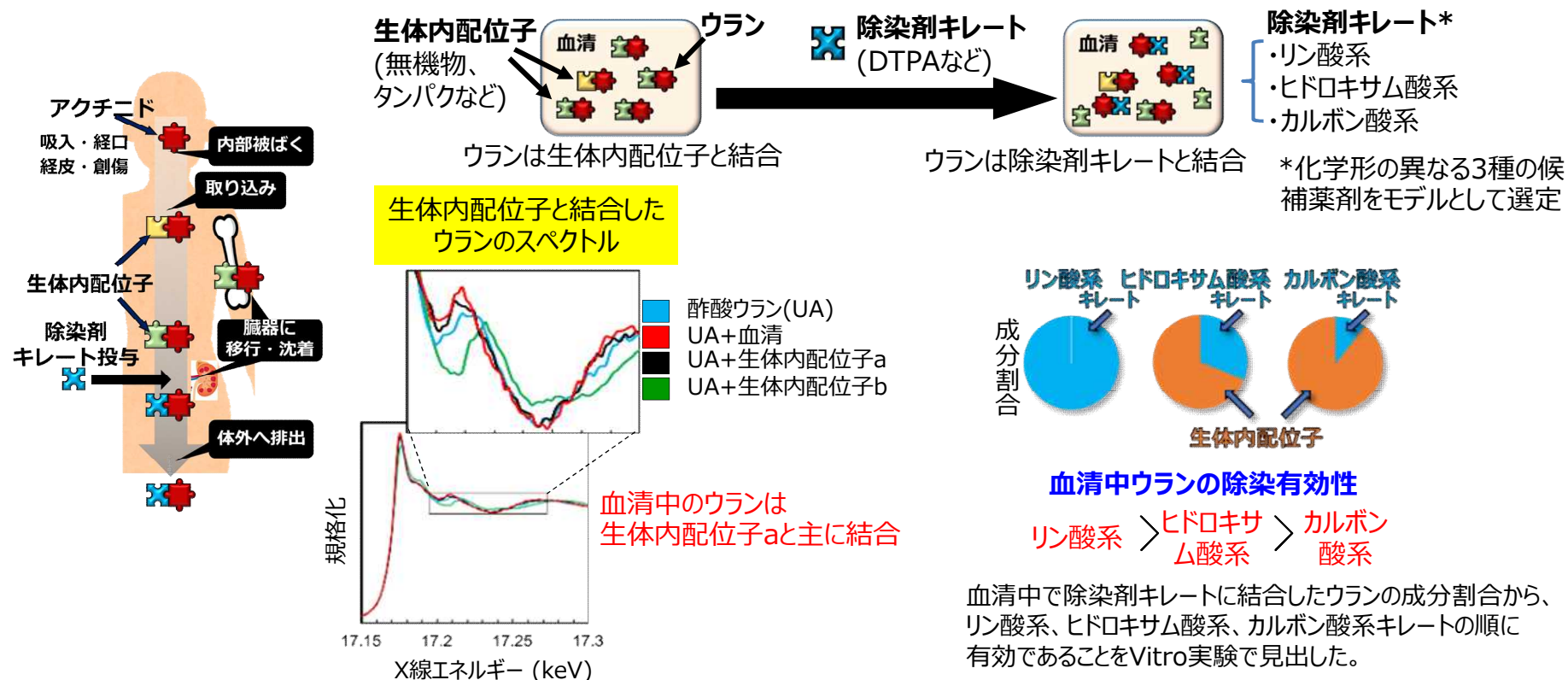
Nakanishi I, et al., Chem. Commun. 56, 11505–311507, 2020. (IF 6.0)

I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (6 / 7)

除染剤キレートによる生体内アクチニド除染メカニズムの解明と効率的排出

量子ビームを用いて明らかにしてきた腎臓内ウラン分布・化学形の解析技術を、生体液中のウランの体内除染研究に展開 → Vitro系で除染評価法を開発

量子ビーム部門（関西研播磨）と連携



除染剤キレートとアクチニドとの結合親和性を定量化することにより、投与すべき除染剤キレートの選定、投与量の最適化につなげ、アクチニド内部被ばくの**除染剤キレートによる除染効率の高度化をめざす。**

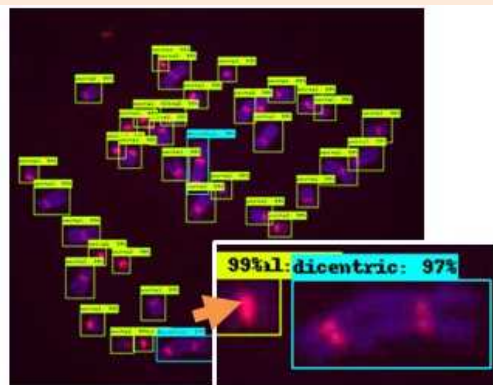
I.1.(4)2) 被ばく医療研究 (7/7)

染色体線量評価のためのAI自動画像判定アルゴリズムの開発

被ばく線量評価のための染色体画像自動判定モデルの開発：人工知能（AI）技術のひとつである深層学習法を基盤に染色体異常の画像判定の標準化、そして効率化を目指す。3日間 → 10分間を達成

昨年度までの成果

- 染色体画像判定におけるAI導入の有効性を検証。
- PNA-FISH法がAIによる染色体画像判定アルゴリズムの開発に有望であることを示した。



AI自動画像判定によるメタフェーズ解析例

dicentric:二動原体、normal: 正常、%は確度を示す。染色体断片も指標にできれば、より精度の高い線量推定が可能となる。

今年度の成果

1. 線量推定のための指標としての染色体断片の評価
 - 染色体断片の1細胞当たりの生成数は、二動原体染色体と同様、線量推定のための指標になり得ることを示した。
 - 二動原体と比較して、染色体断片解析の方が機械学習に適している。※二動原体はねじれや複数染色体の重なりなどのため、人の目視の方が精度が高い。
2. 教師画像データの作成
 - PNA-FISH教師画像作成 (13,197枚)
 - 同一細胞のPNA-FISH・ギムザ染色画像作成 (特許申請のため非公開)

3. AIアルゴリズムの検証

- 3.0Gy照射のPNA-FISH画像200枚
→
1) ほぼ同等の精度。
2) AIでは二動原体と染色体断片の両方について線量推定可。

「熟練者5名による目視判定」vs「AIアルゴリズム」

	目視	AI
二動原体	2.6 ± 0.43 ~ 3.1 ± 0.24 Gy (個人差大)	2.5 ± 0.43 Gy (アルゴリズム改良により更なる精度向上可能)
染色体断片	不可 (マーカーとして位置づけられていない)	3.0 ± 0.27 Gy



熟練者が3日要していた判定が10分程度に。
バイオドシメトリーを次のフェーズ (大量処理、感度上昇) へ。

【課題と対応】

- 研究は計画通り着実に進んでいるものの、定年制職員の減少に伴う人材不足が予想されるため、長期的な研究に係わることのできる人材の確保が急務である。
- 低線量被ばく分野・放射線障害治療の研究は、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、継続的に取り組んでいく。低線量率発がんリスクに関しては外部資金によって研究を継続する。研究費の確保が課題である。
- いくつかの具体的成果に関しては、今中期計画内で高度化そして実際の利用へ向けた取り組みを加速させる。同じく、他のプログラムに関しても、観察・発見及び分子メカニズムの理解から、最後の2年間でその「制御」に向けた取り組みを加速させ、効率的除染法等へ繋げたい。
- 中長期計画のまとめに向けて、これまでの成果の総括と、次期中長期計画に向けた研究計画の立案を積極的に行っていく。

参考資料：基本データ及びモニタリング指標

【基本データ】 ※令和2年度（令和元年度）

1. 予算額 1,238百万円（1,507百万円）
2. 常勤職員数 74人（74人）
うち、研究職：46人／技術職：19人／事務職：8人／医療職：1人

【モニタリング指標】 ※令和2年度（令和元年度）

論文数	89報（82報）
Top10%論文数	2報（3報）
知的財産の創出・確保・活用の質的量的状況	出願 4件（3件）、登録 0件（0件）

参考資料：研究開発に対する外部評価結果、意見等

（量子医学・医療研究開発評価委員会における評価結果や意見等について）

線量評価と影響評価の両面において、分子・細胞、および動物個体レベルの研究が的確に進められている。線量評価に関しては様々な「場」（環境、宇宙、医療現場）での測定技術の開発と実態調査が挙げられている。それぞれの場における「影響」と関連付けた線量評価が期待される。影響評価では、放射線発がんの修飾要因に関する情報が取りまとめられており、メカニズム解明への展開が期待される。適切なマネジメントのもと、戦略的研究推進のための研究基盤（PLANET）形成、放射線影響アーカイブ「J-SHARE」の利活用促進に取り組んでいる一方、Bリンパ腫の発がんなど多くの科学論文、研究発表の受賞など、インパクトのある研究も進んでいる。

原子力災害等、緊急の対応が必要な状況における迅速かつ効率的な線量評価手法と、生体内アクチニドの分布の解析と排出促進、並びに放射線障害修復薬の開発の分野において進展が認められる。それぞれメカニズムの解明から制御の方向へ展開しつつあることは適切である。多くの企業、大学等との共同研究に取り組み、研究テーマ毎にユニークかつ興味深い研究成果が報告されており、研究開発マネジメントは適切に行われていると評価する。

評価単位 7 :
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

自己評価：A※

補助評価

I.2. 研究開発成果の分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推進

b

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

a

(2) 福島復興再生への貢献

a

(3) 人材育成業務

a

(4) 施設及び設備等の活用促進

b

(5) 官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の整備等

a

※自己評価は、各補助評価を点数化（S:5、A:4、B:3、C:2、D:1点）して、平均値より算出。

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

補助評定 a

評価軸（評価の視点）及び評価指標	評定の根拠
【評価軸】 ④ 技術支援機関、指定公共機関及び基幹高度被ばく医療支援センターとしての役割を着実に果たしているか。 【評価指標】 ③ 技術支援機関、指定公共機関及び基幹高度被ばく医療支援センターとしての取組の実績 ④ 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に向けた取組の実績	新生児を含む小児と対象とした甲状腺内部被ばく検査の実効性向上に関する研究においては、甲状腺測定ガイドブック策定や開発した小児用甲状腺モニタの模擬測定研究を実施し、原子力災害時に迅速な測定を可能とする環境構築に貢献した。（評価軸④、評価指標③、モニタリング指標⑨） 国の基幹高度被ばく医療支援センターとして、線量評価に関する人材育成、被ばく事故に伴う患者の線量評価対応及び線量評価の高度化に向けた技術開発のための拠点となることを目指し、令和3年4月竣工の高度被ばく医療線量評価棟の運用準備を進めた。バイオアッセイ機能を移転・強化するとともに、肺モニタと全身カウンタのハイブリッド装置で可動式NaI検出器も備えた統合型体外計測装置の仕様決定及び製作を実施した。（評価指標④） 指定公共機関として、国の原子力総合防災訓練プレ訓練等に人員を派遣、また量研における千葉地区の本部防災訓練をオンラインで実施し、訓練から課題抽出の上、その対応策を検討し、本部要員の意識を高める活動を行った。（評価軸④、モニタリング指標⑦、⑨） 国際研修に関しては、既存研修受講者に対する研修の効果及び受講者のニーズ把握のためのアンケートを実施した。この結果に基づき、既存研修受講者のフォローアップを目的とした研修を立案し、IAEAやWHOの講演も取り入れたフォローアップ研修を令和2年度に初めて開催した。本研修は国際的ネットワーク構築や被ばく医療向上の貢献に資するものである。（評価軸④、モニタリング指標⑧） 以上から、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を十分に発揮し役割を果たすとともに、原子力災害時における個人の確実なモニタリング体制の構築や被ばく事故患者への効率的な線量評価等において、顕著に貢献する成果を創出したと認められる。

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 / 7)

年度計画	主な業務実績	達成状況
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。また、国の要請に応じ、緊急時被ばく医療の準備・対応に協力する	● 甲状腺測定ガイドブック作成や不安を抱く子供を測定する際のモニタープローブの小型軽量化設計等を実施し、原子力災害時に迅速な測定を開始する環境を構築した。 ● 高度被ばく医療線量評価棟の運用準備として、肺モニタと全身カウンタのハイブリッド装置で可動式NaI検出器を備えた、統合型体外計測装置の仕様決定及び製作を実施した。 ● 染色体分析による線量評価において、非同調的複製によって生じたと考えられる変則的な形態を持つクロマチン構造物の存在を初めて示した。 ● 国の原子力総合防災訓練プレ訓練等に8名派遣した。量研千葉地区の本部防災訓練は計画を変更しオンラインで実施した。訓練から課題を抽出の上、その対応策を検討し、本部要員の意識を高めた。 ● 協力協定病院との連携強化のための訓練をオンライン講義形式や講義動画の供与により4回実施した。実施機関・受講者数いずれも増加した。 ● 資機材の整備、校正、修理を継続し、事故対応の機能を維持した。また、REMAT派遣者用通信・情報共有システムの整備を行った。 ● 既存の国際研修受講者に対する研修の効果及びニーズ把握を目的としてアンケート調査を実施した。 ● コロナ禍で対面による国際研修は中止としたが、上記アンケート結果に対応し、令和2年度に初めて、フォローアップを目的とした研修をオンライン開催した（令和3年3月26日）。この研修会では、IAEA、WHOの講演も行われ、活発に質疑応答があり、国際的ネットワーク構築や被ばく医療向上に役立った。	◎

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

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 / 7)

年度計画	主な業務実績	達成状況
原子力規制委員会の技術支援機関として、放射線安全規制研究戦略的推進事業等を活用し、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・研究を継続するとともに、放射線防護研究関連機関によるネットワークを放射線安全規制研究の推進、放射線防護人材の確保・育成並びに放射線審議会の調査機能強化に活用する。	● 令和元年度に放射線安全規制研究戦略的推進事業により実施した放射線防護関連学会員対象のアンケート結果を取りまとめ、総説を学会誌で公表した。令和2年度の当該事業は、A～D評価中A評価であった。 ● 同事業を通じて収集した放射線防護に関する国際動向について、第149回放射線審議会（令和2年7月17日）で報告した。令和2年度は、国際機関が提唱する実効線量や実用量の新概念に関する情報を収集し、Webinar（全5回）を通じて放射線防護コミュニティに発信した。 ● 原子力規制庁からの依頼により、自然起源放射性核種（NORM）の現状と量研での取組についてのレクチャーを行った（令和2年7月3日）。令和2年10月に開催されたIAEAのNORM会議（Webinar）に参加し、最新の防護情報を原子力規制庁に提供した。 ● その他、放射線影響研究機関協議会のネットワークを活用し、研究現場が抱える課題の一つであるヒト・大型動物などのバイオサンプルの保存に関する調査・分析を行った。	○
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。	職員に向け、以下の研修を実施し、病院の診療機能等が向上した。 ● QST病院看護部職員に対する研修訓練：汚染患者受入れ実働 ● QST病院職員研修：被ばく医療におけるQST病院の役割や具体的対応 ● 全職員向けeラーニング研修：国内体制、量研の活動について	○

※達成状況 ○:達成、－:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

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 / 7)

年度計画	主な業務実績	達成状況
基幹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。基幹及び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、オールジャパンでの被ばく医療連携を主導し、教育訓練機能を強化する。また、被ばく医療分野の人材育成のため、体系化された新たな枠組みでの原子力災害医療等の研修を開始するとともに、研修履歴等の情報の一元的な管理運用を開始する。	● 全国で開催される原子力災害医療に関する研修、実施機関及び受講者等に関する情報を一元的に収集、保管管理する「被ばく医療研修管理システム」を開発してきたが、全国の自治体等の研修会がコロナ禍で開催されなかったため、本格運用は令和3年4月開始に延期した。しかし、令和3年度の円滑な運用に備えるため、利用方法の説明会を高度被ばく医療支援センターの担当地区ごとに計6回実施、さらに道府県ごとの説明会を計8回オンライン開催した。(*) ● 原子力規制庁の委託事業である原子力災害医療中核人材研修及び原子力災害医療派遣チーム研修、甲状腺簡易計測研修、ホールボディカウンター研修において新型コロナウイルス感染症拡大防止策を取った上で対面研修を開催し、また高度専門研修を4回オンライン開催した。 ● 日本放射線事故・災害医学会をオンライン開催した今回は被ばく医療における線量評価を学会テーマとして、量研が3件の講演をし、被ばく医療と保健物理の双方の専門家とともに今後目指すべき線量評価の在り方などを議論した。	コロナ影響による一部未達(*)
UNSCEARが実施するグローバルサーベイのため、国内情報の集約を継続するとともに、UNSCEARの東電福島第一原発事故の報告書の完成や普及に貢献する。放射線影響・防護に関する情報発信のためのWebシステムの運用やコンテンツの充実化を行い、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努める。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行政ニーズへの対応を進めるとともに、国際機関への貢献を図る。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。	● 放射線影響・防護ナレッジベース“Sirabe”のコンテンツを充実化させるため、放射線規制の改善や東電福島第一原発事故に関連するコンテンツの執筆と査読を進めた。また、J-RIMEの活動を支援し、最新の国内調査の結果を取りまとめ、診断参考レベルを更新の上、令和2年7月3日に公表し、国際誌への投稿を行った。さらに線量・リスク評価研究の高度化のために、PM2.5の呼吸気道別沈着量計算ソフトウェアの開発に着手した。 ● WHO-CCとして、WHOからの依頼によりCOVID-19の診断に用いる画像診断を用いる場合の医療現場のガイドラインを翻訳し、WHO及び量研のHPで公開した。 ● 過去の放射線関連事故患者の診療を継続実施し、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した。	◎

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

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 / 7)

【代表的な実績例】 年度計画を上回る成果

新生児を含む小児を対象とした甲状腺内部被ばく検査の実効性向上に関する研究

- 甲状腺測定のための被検者への事前説明を行うための**甲状腺測定のガイドブック策定**。
- 開発した甲状腺モニタの運用上の課題抽出と改善、ならびに同モニタの改良を目的として、その第一段階として、自衛隊中央病院にて**新生児を含む小児のボランティアを使った甲状腺模擬測定を70件実施**。
- 原子力災害時に迅速な測定を可能とする**環境構築に貢献**。

□背景□

- 原子力災害時の公衆の放射線防護において最も注視する必要があるのが小児の甲状腺内部被ばくである。甲状腺内部被ばくをもたらす放射性ヨウ素（特にヨウ素-131）は物理半減期が短いため、発災後早い段階で測定を開始する必要がある。原発近隣住民を対象とした確実な個人モニタリング体制の構築が急務。
- 2017～2019年度に原子力規制庁の放射線安全規制研究において、新生児から成人までの幅広い年齢の被検者に適用可能な甲状腺モニタを開発している。

■主な結果■

開発した甲状腺モニタについて、事前に検討した測定方法の実行性を確認するとともに、測定可能な時間の把握やモニタの改良方針などを検討。

- 甲状腺測定の目的や意義に関して被検者への事前説明が必要
→ **ガイドブックを作成**
- 測定に際しては子どもの両親の協力が不可欠
→ **家族が一緒にいることで安心感を与える**
- 測定時間は概ね3分間可能
→ **必要十分な感度が得られる**
- モニタプローブを**小型化・軽量化するための設計に着手**



開発した甲状腺モニタ（検出素子には複数の小型GAGG検出器を使用）



デモ動画作成



甲状腺模擬測定



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 / 7)

【代表的な実績例】 高度被ばく医療線量評価棟の運用準備 年度計画を上回る成果

- 我が国の基幹高度被ばく医療センターとして、高度被ばく医療線量評価棟の運用準備を推進。
- バイオアッセイ機能に移転・強化するとともに、肺モニタと全身カウンタのハイブリッド装置で可動式NaI検出器も備えたコンパクトな統合型体外計測装置の仕様決定及び製作を実施。

■ 背景 ■

- 我が国の基幹高度被ばく医療センターとして、線量評価に関する人材育成、被ばく事故に伴う患者の線量評価対応、及び線量評価の高度化に向けた技術開発のための拠点となることを目指し、2021年4月に竣工の高度被ばく医療線量評価棟の運用準備の一つとして、設置する個人被ばく線量測定器類の整備を進めた。



施設機能

- 老朽化した緊急被ばく医療共同実験施設で行っているバイオアッセイ機能を移転・強化
- 老朽化した肺モニタ/全身カウンタに後継機として統合型体外計測装置を設置
- 被ばく医療人材研修(OJT)の充実
- 被ばく事故対応の強化(特に内部被ばく)



既設の全身カウンタ(左)と肺モニタ(右) 耐用年数を大幅に超過し、検出器の経年劣化による故障が多発

■ 主な結果 ■

- 統合型体外計測装置の仕様決定及び製作を行った。
→肺モニタと全身カウンタのハイブリッド装置、検出部は大口径HPGe検出器3式及び可動式NaI検出器、鉄遮へい室による低バックグラウンドが実現した。
- バイオアッセイ関連機材の発注を行った。
→現行設備の3倍以上の処理能力が達成可能である。



統合型体外計測装置 (CG)

バイオアッセイ関連機材
※一部は現有機材を移設して使用

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 / 7)

【代表的な実績例】年度計画を上回る成果

- ・ 既存研修受講者のアンケート調査結果を踏まえ、フォローアップを目的とした研修を実施。
- ・ WHOからの依頼に従い「COVID-19に画像診断を用いる場合の医療現場のガイドライン」を翻訳。

研修授業（国際研修等）

既存研修受講者に対する研修の効果及び受講者のニーズ把握を目的として、過去の国際研修受講者175名を対象にアンケート調査を実施し、59名より回答を得た。回答者の内58%が現在も被ばく医療に関与、98%がフォローアップ研修を希望するという結果を得た。

ニーズ対応

コロナ禍で研修は中止としたが、上記アンケート結果に対応し、令和2年度に初めて、フォローアップを目的とし、前回の研修における健康影響や受け入れ診療の要点復習と最近の話題についてフォローアップ研修をオンライン開催した（令和3年3月26日）。この研修会では、IAEA、WHOの講演も行われ、活発に質疑応答があり、国際的ネットワーク構築や被ばく医療向上に役立った。

The QST webinar series on radiation emergency medicine 2021
Follow-up seminar (1): Overview of Radiation Emergency Medicine



WHOのニーズ：翻訳

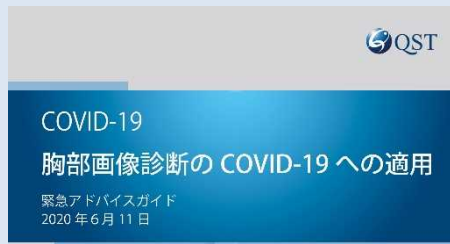
WHOが2020年6月に作成した「COVID-19の診断に用いる画像診断を用いる場合の医療現場のガイドライン」

- ・ COVID-19が疑われる、あるいは確定した成人患者の急性期治療における胸部画像診断の使用について、推奨事項を整理
- ・ 患者が医療機関に来院してから退院するまでのケアパス、さまざまな環境での実施上の注意点などを記載
- ・ 世界中の専門家が協力し、エビデンスを検証



WHOからの翻訳依頼

- ・ 令和2年7月医療被ばく分野のWHO-CCである量研に対してWHOから翻訳協力の依頼があり、これを受諾。
- ・ 量研内での翻訳・量研外の専門家による監修により、10月に翻訳版を完成。WHOおよび量研のHP上で公開。
- ・ 公開直後に、県の診療放射線技師会のHPや医療放射線に関するポータルサイト等にリンクされ、国内の医療従事者に拡散。



国連公用語以外では、ポルトガル語と日本語のみ

Also available in
[Arabic](#) | [Chinese](#) | [Russian](#) | [Spanish](#)
[French](#) | [Portuguese](#) | [Japanese](#)

医療被ばく分野のWHOと日本の橋渡し役として機能

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 / 7)

【代表的な実績例】 染色体分析研究

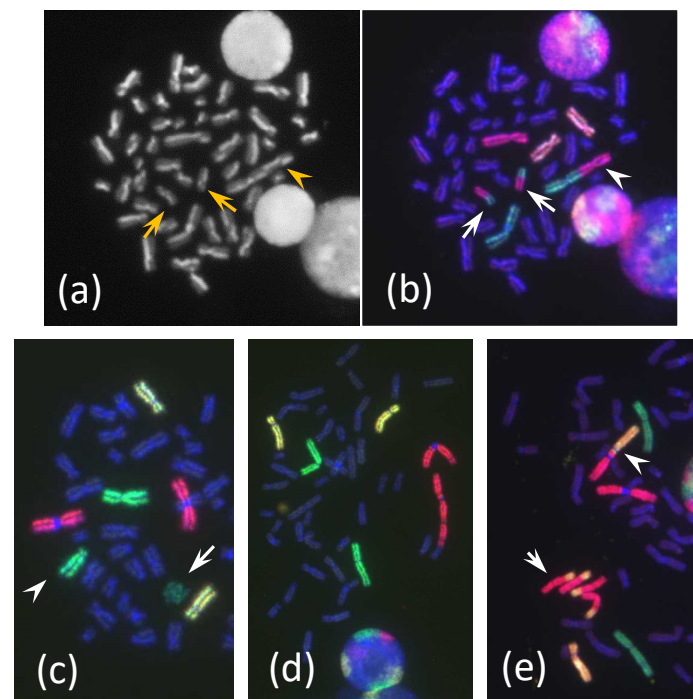
第1回目分裂細胞の二動原体および染色体断片が線量評価の指標として最適であることを明らかにし、染色体異常の動態をよりよく理解することができた。この成果は、線量評価だけでなく、染色体異常を含む疾患研究や、AIを導入した染色体画像診断支援開発が期待される。

2.0 Gyガンマ線照射したヒト末梢血から得たリンパ球の第1回目分裂と第2回目分裂における染色体異常の型と出現頻度をFISH法により明らかにした。第2回目分裂細胞では不安定型細胞や不安定型染色体異常の頻度が減少し、安定型染色体異常も不安定型細胞中にあるものの影響で減少していくことが示唆された。

興味深い現象として、分裂中期において二動原体を伴う染色体断片を2個観察した[図 (a), (b)]。染色体不分離により余分な断片を伴っていることを示す。非同調的複製によって生じたと考えられる変則的な形態をもつクロマチン構造物の存在が、本研究により初めて示された[図 (c)]。第3回目分裂ではより複雑な構造変化や染色体不分離とおもわれる現象が見られた[図 (d), (e)]。今後の研究により、ヒトリンパ球で生じる不安定な染色体異常の行く末をより良く理解することができる。

本研究で得られたデータは、AIを導入した先進的な染色体線量評価法が実装される際のレファレンス・データとして有用となる。

・論文 : Yumiko Suto, et al., Cytologia 86(1), 2021年3月刊行。図3, 4は論文より。
・招待講演 : IEC Webinar, RRS 66th annual meeting



3 color FISHの画像例 : (a) 対比染色像、(b) (a)のFISH像、(a)~(c) は2回目分裂細胞、(d)・(e)は3回目分裂細胞。

I.4.公的研究機関として担うべき機能

(2) 福島復興再生への貢献

補助評定 a

評価軸（評価の視点）及び評価指標	評定の根拠
【評価軸】 ⑤ 福島復興再生への貢献のための調査研究が着実に実施できているか。 【評価指標】 ⑤ 被災地再生支援に向けた取組の実績	福島県住民における外部被ばく及び内部被ばく線量評価を継続して行い、初期内部被ばく線量評価を行う上で重要なデータを提供した。特に、最新の大気拡散シミュレーションと避難行動データを用いて、放射性プルームによる住民のばく露状況を再現した研究では、住民における初期内部被ばく線量の推計を行う上で基礎となるデータを提供した。また、環境試料中ウランを全反射蛍光X線分析により迅速かつ定量的に測定する手法の改良や福島県浪江町の土壌中ウラン同位体の分析を行い、東電福島第一原発事故由来のウラン235が検出されず、影響がないことを明らかにした。さらに、放射性セシウムの食用淡水魚中の分布と魚種ごとの割合に関する報告や、帰宅困難区域の周辺環境の健全性評価に資する報告を行った。 各々の研究成果は地域の協力を得た研究推進の結果として得られたもので論文としてまとめられ、国際機関による出版物への貢献や福島県民健康調査にも有用な知見をもたらすことが期待される。（評価軸⑤、評価指標⑤） 以上から、福島復興再生への貢献のために、年度計画を上回る成果を創出したと認められる。

I.4.(2) 福島復興再生への貢献 (1 / 4)

年度計画	主な業務実績	達成状況
前年度に引き続き、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。	● 福島県住民の外部被ばく線量推計については福島県立医科大からの依頼により継続した。いわき市住民について行われた小児甲状腺被ばくスクリーニング検査とホールボディカウンタ測定の高データから、ヨウ素131とセシウム137の吸入摂取量比を導出し論文として公表した。特に、最新の大気拡散シミュレーションと避難行動データを用いて、放射性プルームによる住民のばく露状況を再現した研究では、避難開始のタイミングにより甲状腺等価線量が大きく変わることを指示する結果が得られ、住民における初期内部被ばく線量の推計を行う上で基礎となるデータを論文として公表した。	◎
独立行政法人労働安全衛生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。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。	● 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所から提供された緊急作業員の個人線量計データの検証作業と集計を進めるとともに、個人線量計指示値から各臓器への吸収線量への換算係数を東電福島第一原発事故当時の放射線場を考慮して評価した。末梢血リンパ球の染色体解析については、国際規格 (ISO 20046) に準拠した転座染色体の解析法を構築し、平成30年度に取得した62名の検体の解析を終了、引き続き令和2年度新たに取得した検体の解析を進めた。	○
前年度に引き続き、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をネプツニウムに応用した技術開発を進める。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により、食品中におけるストロンチウムの濃度について調査を行う。住民の長期被ばく線量評価モデル (システム) について、外部・内部被ばくの検証を行いつつ、さらにシステムの改修を進める。また、環境省研究調査事業において、実験動物を用いた不溶性セシウム粒子の体内分布と病理解析を進める。	● 共存元素の影響を受けにくいウラン Lβ1線による汚染評価を可能にする新規全反射蛍光X線分析装置を開発したほか、酸化グラフェンでウランを捕集し蛍光X線分析する手法を開発した。また、特性X線測定を組み合わせることにより、ウランやネプツニウム等を網羅的に分析する技術開発を進めた。放射性セシウムが食用淡水魚の可食部である筋肉中に最も分布し、その割合が魚種ごとに異なることや、山菜への移行について報告し、これらの移行パラメータの解明により線量評価の精度化に貢献するデータを得た。また東電福島第一原発事故後に得られた日本全国の環境移行パラメータをIAEA Tecdoc 1927として出版し (令和2年10月30日)、平均的な値を示すとともに、一部についてプレス発表を行った。	○

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出 年度計画を上回る実績は、下線有

I.4.(2) 福島復興再生への貢献 (2 / 4)

年度計画	主な業務実績	達成状況
(続き)	● 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を飲料水に適用するため、水中におけるストロンチウム90濃度について前処理法の比較検討を行った。福島研究分室の質量分析装置を用いた福島県浪江町の土壌中ウラン同位体の分析では、福島事故由来のウラン235が検出されず、東電福島第一原発事故の影響がないことを明らかにした。住民の長期被ばく線量評価モデル (システム) について、外部・内部被ばくの検証を行いつつ、更にシステムの改修を進めた。不溶性セシウム粒子に関する動物実験について、肺内分布と病理組織変化について解析した。	○
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、新たに開発した影響評価手法による解析を継続するとともに、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。	● 環境動植物の放射線影響に関する調査研究では、新たに開発したFISH用プローブを使用して野ネズミの染色体異常頻度の経年変動の解析を完了した。帰還困難区域のメダカの細胞遺伝学的影響を小核試験法で調べたところ影響は見られず、周辺環境の健全性評価に資する論文発表を行った。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した。	○
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。次期計画について、福島県立医科大と協議を進める。	● 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、得られた成果について福島県環境創造シンポジウムで報告し、また国 (原子力規制庁、環境省、厚生労働省) の委員会や国際機関 (UNSCEAR, IAEA) の会議及び報告書作成に協力した。「放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点」に加わり、機関横断的な連携活動に貢献した。次期計画について、福島研究分室の施設設備を有効に活用できる共同研究課題に関し福島県立医科大と協議を進めた。	○

※達成状況 ○:達成、-:未達、◎:年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

I.4.(2) 福島復興再生への貢献 (3 / 4)

【代表的な実績例】 線量評価研究開発 年度計画を上回る成果

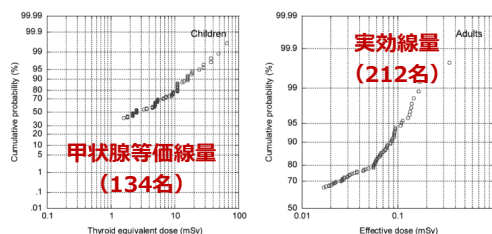
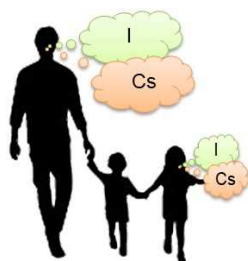
- 福島県住民における外部被ばく及び内部被ばく線量評価を継続
- 最新の大気拡散シミュレーションと避難行動データを用いて、放射性プルームによる住民のばく露状況を再現し、住民における初期内部被ばく線量の推計を行う上で基礎となるデータを提供。

背景

- 福島第一原発事故に伴う近隣住民の放射性ヨウ素（特にヨウ素131）による甲状腺内部被ばく線量の推計に必要な人の実測データは乏しい。
- セシウムに着目して福島県住民に行われたホールボディカウンタ（WBC）や大気拡散シミュレーションなどの結果も活用して、2012年度から線量推計を継続中。

課題1ーヨウ素とセシウムの摂取量比

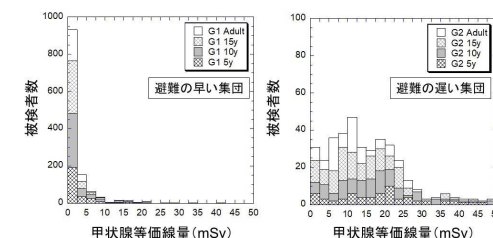
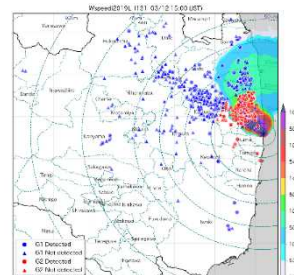
- いわき市の小児甲状腺被ばくスクリーニング検査（子ども）から評価した甲状腺等価線量分布（ヨウ素131）
 - WBC測定（成人）から推定された実効線量分布（セシウム134/セシウム137）
- ①と②の同一累積頻度値（80、90、95%）を比較することで摂取量導出



論文発表：Kim et al. Intake ratio of ^{131}I to ^{137}Cs derived from thyroid and whole-body doses to residents of Iwaki city in Japan's Fukushima Prefecture. Health Phys. (2021)

課題2ー大気拡散シミュレーションによる被ばく状況の把握

最新の大気拡散シミュレーション（WSPEEDI-II）から得られた地表高大気中濃度マップに避難行動データを同一時刻で突合し、吸入による内部被ばく線量を計算。放射性プルームと人の動きを自作のパイソンプログラムにより可視化。



3月12日15時時点の居場所で被検者（浪江町住民1638名）を分類し、甲状腺等価線量を比較。

結果2

避難開始のタイミングにより甲状腺等価線量が大きく変わることを指示する結果が得られ、先行研究で明らかとなった避難行動によるWBC測定結果の明確な違いが、大気拡散シミュレーションでも再現された。

12日の被ばくは ^{131}I 以外の短半減期核種の寄与もあり重要。

これらの結果は、住民における初期内部被ばく線量の推計を行う上で基礎となるデータを提供する。

論文発表：Kim and Kurihara. Thyroid doses in children from radioiodine following the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (invited paper). J. Radiat. Prot. Res. (2020).

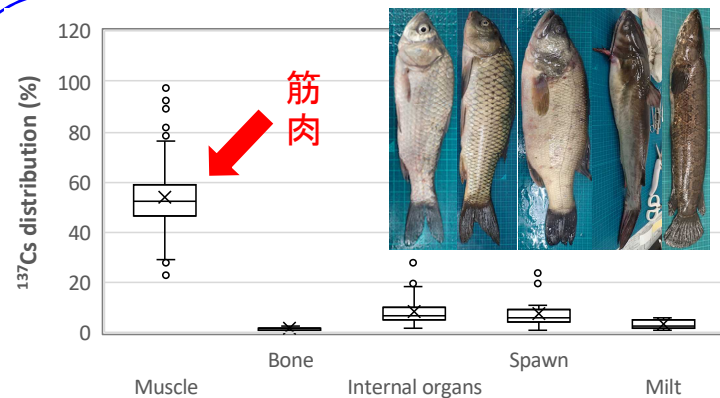
I.4.(2) 福島復興再生への貢献 (4 / 4)

【代表的な実績例】 環境移行パラメータ研究開発

- 環境移行パラメータ公表により、事故後の住民の内部被ばく評価に貢献。
- IAEA TECDOCの刊行に大きく貢献。

淡水魚における放射性セシウム137の体内分布

- 食用される様々な淡水魚のセシウム137の体内分布を明らかにした。
- 放射性セシウムは可食部である筋肉中に最も分布する一方で、その割合は魚種によって異なることを明らかにした。IAEAでは筋肉と魚全体の放射性セシウムの濃度比は1として安全評価に利用しているが、この成果を利用することでより精度の高い安全評価に貢献できる。
- 筋肉中の放射性セシウムの分布は同種間でも異なるが、その要因として肥満度と関連することを明らかにした。



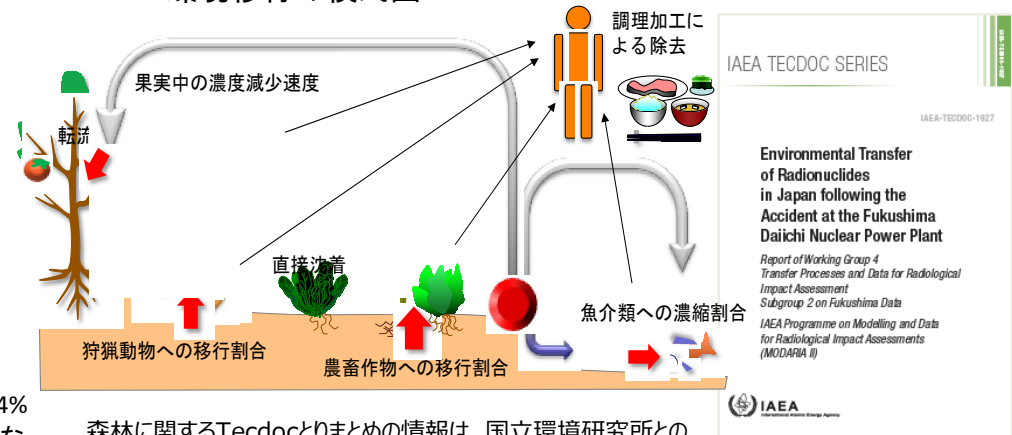
Component parts of freshwater fish

調査した全魚種において、魚全体のセシウム137蓄積量に対して平均54%が筋肉分布した。この分布は魚種により異なり、魚食性の高い魚で高くなる傾向が確認された。(Scientific Reports 11, 5769, 2021/3/11掲載。IF=3.998)

オールジャパン体制による福島原発事故後の陸域～海域の環境移行パラメータ集約

- 福島原発事故後に収集された、森林、農地、河川流域、海域および調理加工に関するデータを各域の専門家オールジャパン（量研、農研機構、森林総研、国環研、海生研、福島大、東大、筑波大、福島県農業総合センター他）および海外専門家を含む総勢54名が関係して2020年10月にIAEAがTECDOC No. 1927を刊行した。量研はそのとりまとめを行うとともに、農畜産物、狩猟動物、調理加工に関する執筆を行い、大きく貢献した。

環境移行の模式図



森林に関するTecdokとりまとめの情報は、国立環境研究所との共同プレスを行なった（2020/12/18配信）

QSTの19報の原著論文が掲載

I.4.公的研究機関として担うべき機能

(3) 人材育成業務

補助評定 a

評価軸（評価の視点）及び評価指標	評定の根拠
【評価軸】 ⑥ 社会のニーズにあった人材育成業務が実施できているか。 【評価指標】 ⑥ 研修等の人材育成業務の取組の実績 ⑦ 大学と連携した人材育成の取組の実績	放射線管理区域で様々な放射線源や測定機器等を用いた実習を行うことができるとともに、量研が有する先端的な放射線利用技術に触れることができるという特徴を活かし、放射線防護や放射線の安全な取扱い等の中核機関として、社会のニーズを踏まえて研修を実施した。 令和2年度に実施予定であった研修について、一部中止したのもあったが、コロナ禍でも社会のニーズの変化に応えるとともに、放射線防護や放射線の安全な取扱い等に関して受講生の理解を促進すべく、感染対策実施要領策定や講義・実習の実施方法の見直し、自習用教材資料の作成を行い、オンライン開催も含め、延べ1,662名に研修を実施した。また、看護師基礎教育新指定規則における放射線教育の強化を受けた研修の新設に取り組んだ。アンケートによる研修受講生の評価は高く、依頼研修においては「有意義」もしくは「少し有意義」と回答した受講生の割合が90.8%、それ以外の定常研修においては100点満点での評価が平均89.4点であった。所属元満足度についてはアンケートにおいて「期待以上」及び「期待通り」の回答割合が98.9%であった。（評価軸⑥、評価指標⑥、⑦） さらに、次世代を担う人材の育成をするため、QSTリサーチアシスタント制度を運用し、大学院生36名を雇用するとともに、研究員・実習生など計237名を受け入れ、年度計画を達成した。アンケート調査では92.9%と高い満足度を得た。（評価指標⑥、⑦） 以上から、社会情勢やニーズに適切対応し、年度計画を上回る成果を創出したと認められる。

I.4.(3) 人材育成業務 (1 / 4)

年度計画	主な業務実績	達成状況
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。	次世代を担う人材を育成するため、QSTリサーチアシスタント制度を運用し、大学院生36名を雇用した。量研が有する様々な最先端大型施設等を活用して、研究や技術習得を指導・支援した。また、実習生200名、連携大学院生32名、学振特別研究員2名、学振外国人研究員1名、原子力研究交流研究員2名の受入れを行った。 ＜定量的参考指標＞ ※令和2年度はコロナ禍で受け入れ人数が減少 ○ 連携大学院協定に基づき量研の研究者が役員教員等の委嘱を受けた大学数：19校（過去3年平均：17校より12%増） ○ QSTリサーチアシスタントや実習生、連携大学院生の受け入れ人数：251名（過去3年平均：275名より9%減、女性割合23.1%） ○ QSTリサーチアシスタントの満足度：92.9%	○
引き続き放射線防護や放射線の安全な取扱い等に関係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。	● 「放射線防護等に関係する人材の育成」を目的として放射線事故やCRテロにおける消防、警察等の初動対応者向けセミナー、海上保安庁等からの依頼研修、放射線看護や医学物理の課程等を実施。 ● 大学と連携して原子力及び関連分野を志望する学生向け放射線防護課程を実施。 ● 「幅広く放射線の知識を国民に伝えるための人材の育成」を目的として学校教員、産業医向けの講習を開催するとともに、中学生、高校生を対象にした研修等も実施。 ● 35種、延べ39回の研修と1校への出前授業を総計658名、延べ1,709名（高度被ばく医療センター主催の研修12種、延べ12回、総計127名を含む）に実施した。	◎

※達成状況 ○：達成、－：未達、◎：年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

I.4.(3) 人材育成業務 (2 / 4)

年度計画	主な業務実績	達成状況
(続き)	特に以下の研修等では、社会のニーズの変化に対応して、研修の新設や改訂を行った。(評価軸⑥、評価指標⑥、⑦) - 放射線看護アドバンス課程：令和4年度から保健師助産師看護師学校養成所新指定規則において放射線教育が強化されることを受け、より深い知識を実習形式で学ぶ課程を新設し、令和3年3月28～29日に第1回を開催した。 - 自習用教材資料の作成：千葉県総合教育センターの依頼により、コロナ禍で対面研修ができなくなったことから、新学習指導要領に基づく対面研修用テキストを自習用教材資料に改訂し、提供した。 <定量的参考指標> ※コロナ禍で研修回数及び受講者数が減少 ○研修等回数：40回（中止11回） （過去3年平均：53回より25%減） ○受講者数：1,709名（中止351名） （過去3年平均：3,439名より50%減） ○受講者の満足度：90.8%（依頼研修）、89.4%（定常研修） ○受講者の所属元の満足度：98.9%	◎
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。	国内外より研修生等を受け入れ、特に重粒子線がん治療関連では、国内7名、海外より1名を受け入れて実務訓練等を実施した。 <定量的参考指標> ※コロナ禍で受け入れ者が大幅に減少 ○受け入れ人数：8名（過去3年平均：28名より71%減） ○うち海外からの受け入れ人数：1名（過去3年平均：22名より95%減）	○
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。	「QSTサマースクール」を令和2年度も開催する準備を進めていたが、コロナ禍で中止した。令和3年度はコロナ禍でも開催できるよう、感染予防対策の検討を行うなどの準備を進めた。	○

※達成状況 ○：達成、－：未達、◎：年度計画を上回る成果を創出
年度計画を上回る実績は、下線有

I.4.(3) 人材育成業務 (3 / 4)

【代表的な実績例】

QSTの特徴でもある放射線管理区域での様々な放射線源や測定機器等を用いた実地研修開催がコロナ禍で困難な状況下、**社会のニーズに即時・適切に対応し**、放射線利用や被ばく事故対応に関する専門人材の養成のため**実地研修開催に向けた取組を実施**

全国で対面式研修の実施が減少

受講生の実地研修のニーズの高まり

対面式研修を早期に再開すべく方法を検討

感染対策実施要領の策定

政府のガイドライン等に基づき、「人材育成センター新型コロナウイルス感染症対策実施要領」を策定し、8月より対面研修を再開。

対面式研修実施の工夫

オリンピック、パラリンピックで必要性の高まっている警察や消防等の防災担当者および医療関係者等を対象とした国民保護CRテロ初動セミナーを開催するとともに、従来のホワイトボードや模造紙に替えて個人用タブレットを導入。接触を避けつつ時々刻々送られてくるテロ現場の状況を共有しながらの討論を可能とした。

コロナ禍前の研修方法

コロナ禍前の机上演習の様子



コロナ禍前の机上演習で使用されたホワイトボードと模造紙



アクリル板を設置、iPadで情報共有する机上演習（国民保護CRテロ初動セミナー）



コロナ禍の研修方法

iPad画面の例



I.4.(3) 人材育成業務 (4 / 4)

【代表的な実績例】年度計画を上回る成果

- 社会のニーズの変化に対応して、**放射線看護アドバンス課程の新設**や**自習用教材資料への改訂**を実施。
- アンケート調査を実施

受講者の満足度：90.8%（依頼研修）、89.4%（定常研修）

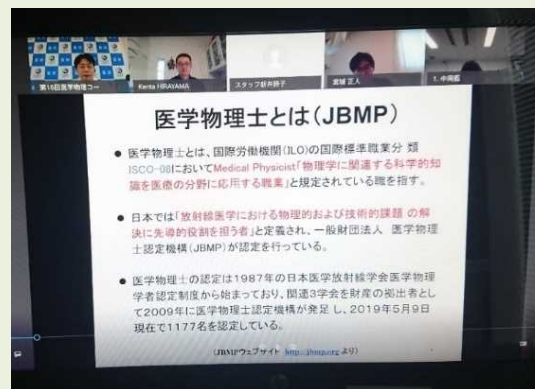
受講者の所属元の満足度：98.9%

放射線看護アドバンス課程の新設

令和4年度から看護師学校養成所の新指定規則において、看護師が放射線の被ばく防止策を単独でも実施できることが求められるようになる。

放射線教育が強化される社会ニーズに対応し、放射線看護課程等の修了者を主な対象として、災害時の線量測定なども含めたより深い知識を実習で学ぶ放射線看護アドバンス課程を新設した。第1回を令和3年3月28日に開催。

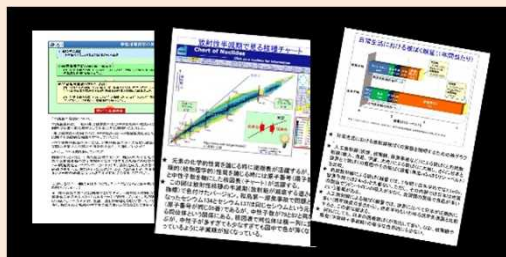
医学物理コースオンライン化



医学物理士認定機構の認定を受けた医学物理コース（第16回）を関係機関の合意を得て、7月に開催。

医学物理士認定のための単位取得の1コースであるため、修了条件の確認法や接続トラブル時の対策などを十分に施した上で完全オンライン化で実施。オンライン講義には常時、量研職員が参加の上、受講生の確実な受講を確認する体制を整えた。

自習資料



コロナ禍で対面研修が実施できなくなり、千葉県総合教育センターの依頼により、対面研修用テキストを自習資料用に改訂し提供した。

短期間で作成する必要があった一方、研修生のリアルタイムの反応を確かめられない欠点を補うため、曖昧な表現は避け、簡潔な説明に徹した。

研修の追加開催



日本医師会認定産業医制度に基づく生涯研修、および文科省認定教員免許状更新講習である教員のための放射線基礎コースの2つの対面研修について、定員を上回る受講希望があり、これまで年1回実施だったところ、さらに各1回加えて開催した。

【課題と対応】

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

- ・ 延期された「被ばく医療研修管理システム」の確実な運用を令和3年度に開始する。このために令和2年度から説明会等の準備を進めてきているが、運用開始後、自治体や支援センター等のユーザーの要望も勘案して対応する予定である。
- ・ また、量研内及び4支援センターにおける被ばく医療と線量評価の人材不足は顕著である。令和3年度に新たに補助事業で配備される人員も含め、多職種の専門家育成をオールジャパンの視点から進めることが課題である。

(2) 福島復興再生への貢献

- ・ 福島復興再生特別措置法の改正に従い、国の基本方針に沿って福島県が新しい計画書を作成している。これらの計画書を精査し、事故後10年が経過した今後に求められる社会的ニーズを理解し、より福島の再生に貢献する分野の研究課題を立案して長期的に進めていく必要がある。大型の予算である福島県基金「放射性核種の生態系における環境動態調査事業」が令和3年度に終了予定であることから、原子力規制庁、環境省、厚労省からの委託事業費、科研費等の外部資金に加え、福島研究分室の維持も含めて、研究を継続するための研究費の新規確保が課題であり、予算獲得に向けた次期研究計画を立案し、福島県立医科大及び福島県と協議を継続している。

(3) 人材育成業務

- ・ 計画的な現役研究職員もしくは技術職員の配置、および事務職員における定年制職員の比率を上げることが課題である。本課題に対し、人材育成センター人事計画部会を設置して具体案を作成する等、積極的に取り組んでいる。

参考資料：基本データ及びモニタリング指標（1 / 1）

【基本データ】 ※令和2年度（令和元年度）

1. 予算額 5,192百万円（4,216百万円）
2. 常勤職員数 105人（99人）
うち、研究職：41人／技術職：14人／事務職：47人／医療職：3人

【モニタリング指標】 ※令和2年度（令和元年度）

統合による発展、相乗効果に係る成果の把握と発信の実績	技術シーズ 97件（97件）、プレス発表 0件（0件）
シンポジウム・学会での発表等の件数	1,104件（2,138件）
知的財産の創出・確保・活用の質的量的状況	出願 99件（115件）、登録 33件（47件）
機構の研究開発の成果を事業活動において活用し、又は活用しようとする者への出資等に関する取組の質的量的実績	実績なし
企業からの共同研究の受入金額・共同研究件数	受入金額 211,361千円（176,194千円） 件数 50件（46件）
クロスアポイントメント制度の適用者数	29人（20人）

参考資料：基本データ及びモニタリング指標（2 / 2）

【モニタリング指標】 ※令和2年度（令和元年度） 続き

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 6回（7回）、派遣人数 8人（13人）
高度被ばく医療分野に携わる専門人材育成及びその確保の質的量的状況	関連研修会 12回（16回）
原子力災害医療体制の強化に向けた取組の質的量的状況	支援センター連携会議等 5回（4回） 研修管理システム説明会 14回（システム準備）
被災地再生支援に向けた調査研究の成果	論文 17報（21報）
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	58件（141件）
施設等の共用実績	利用件数 331件（697件）、採択課題 175件（231件）
論文数	66報（50報）
Top10%論文数	4報（2報）

参考資料：研究開発に対する外部評価結果、意見等

(量子医学・医療研究開発評価委員会における評価結果や意見等)

- コロナ禍においても適正、効果的かつ効率的なマネジメントのもとで研修を進め、オンラインフォローアップなどの工夫を行い、対外計測装置の開発、甲状腺被ばくの測定のためのガイドブックの作成、中核機関としての組織運営の改善など重要な項目で成果が見られた。福島原発事故後からの研究成果等をUNSCEARに提供するなど、専門家として国際機関の活動に協力し、国際レベルでの科学的合意形成に多大な貢献があったことも認められる。引き続き国内外の放射線防護・規制に係る情報収集と適切な情報発信を期待する。
- 震災後10年の節目として注目される中、研究資源の区切りや現地でのニーズの変化に適切に対応しつつ調査研究が進められている。住民の線量評価や生態系への影響等、社会的にも関心が高いテーマに、地元自治体・大学とも連携して取り組んでおり、帰還や廃炉作業にも貢献する課題について着実な成果を上げている。今後とも適切なマネジメントの下で福島復興再生に貢献していくことを期待する。
- オリンピック・パラリンピックに向けて国民保護CRテロ初動セミナーの開催など、社会のニーズにあった業務が、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で展開された。特に緊急事態宣言発出下、対面講習の実施が困難な状況にもかかわらず、実施方法を工夫し、一部の研修については内容を拡充した点を評価する。本年度の、研修実施に関する教訓、学び、工夫を次年度以降に活かすとともに、研修事業の成果のフォローアップ（研修生のその後のキャリアの調査等）を行っていくことを期待する。