

## 研究結果の概要（平成 29 年度）

研究課題名（課題番号）：

多様な被ばく状況に適用可能な迅速線量評価手法の開発（150803-01）

本研究は、照射事故の代表例たるウラン加工施設での臨界事故あるいは汚染（放出）事故の代表例たる原子力発電所事故の際に、多くの被災者の中から緊急被ばく医療の対象となる者を迅速に選別し、その線量を評価する手法を開発、整備し、その成果を広く展開することを目的に、平成 29 年度においては、以下の研究を実施した。

### 1) 臨界事故時における線量評価に関する研究

臨界事故時に、多くの被災者の中から緊急被ばく医療の対象となるような高線量の被ばくを受けた者を迅速に選別し、その被ばく線量を評価する手法を開発・整備することを目的に、(1) 臨界事故時における緊急対応計画のための線源条件の検討、(2) 様々な臨界事故条件における種々の反応・線量計のレスポンスデータの整理、(3) 毛髪中の  $^{32}\text{P}$  放射能測定について研究を実施した。その結果、以下の知見を得た。

(1) 核燃料施設において最も発生する可能性の高い溶液系臨界事故について、予想される第 1 スパイクの核分裂数と被ばく線量の関係を、核分裂数の簡易計算式とモンテカルロ計算シミュレーションの併用によって調べた。その結果、中性子スペクトルは体積に依存しないこと、ガンマ線スペクトルは体積よりも濃縮度に依存すること、また、体積が大きい場合は自己遮蔽が働くため線量は必ずしも核分裂数に比例しないことが分かった。これらの結果に基づき、溶液体積だけから被ばく線量を推定する簡易式を構築した。これは、万一臨界事故が発生した場合に、被災者等の被ばく線量がどの程度になるかの見積もる際に有用である。

(2) 平成 27～28 年度総括・分担研究報告書で検討した、体内  $^{24}\text{Na}$  放射能、体内  $^{24}\text{Na}$  による腹部表面での  $\gamma$  線 1cm 線量当量率、頭髮 1g 中に生成される  $^{32}\text{P}$  放射能、TLD バッジ中  $^{116\text{m}}\text{In}$  放射能に基づくバッジ表面での端窓 GM 計数管式表面汚染サーベイメータの計数率、TLD バッジ中  $^{115\text{m}}\text{In}$  放射能及び TLD バッジの中性子用 TLD の指示値について、臨界事故時に予想される計 140 の中性子スペクトルについて、体系的に整理し、一覧表にとりまとめた。これは、事故対応時に線量評価作業を支援する早見表として活用できるだけでなく、複数の方法から算出された線量に整合が取れているかどうかの確認にも有用である。また、放射線の入射方向を推定する方法を提示した。

(3)  $^{252}\text{Cf}$  高線量中性子照射装置を用いて約 1 Gy の中性子を照射した毛髪中の  $^{32}\text{P}$  放射能を液体シンチレーションカウンタで測定した。その結果前処理前の毛髪試料の場合、0.2 Bq 程度まで測定可能であった。

### 2) アクチニド核種等による内部被ばく線量評価に関する研究

バイオアッセイ法において、生体試料中の不純物を除去する過程である前処理にかかる時間の短縮のために、前年度に引き続き、尿試料を用いた追加試験による鉄共沈法の確立及び本手法の検証のために尿中の未知核種評価する国際相互比較プログラム (PROCORAD) へ参加した。その結果、尿中の未知核種の評価では、尿中に含まれている  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  及び  $^{244}\text{Cm}$  の定性及びその放射能を評価し (真値に対して $\pm 5\%$ 以内で一致しており、バイアスは $\pm 5\%$ 以内)、この結果から本手法の妥当性を確認しこれらの結果から本手法の妥当性を確認し、本研究で確立したバイオアッセイ法のマニュアルを作成した。また、アクチニド核種に対する計測法の最適化では誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)による前処理前の尿試料中の U 成分に対する検量線の作成及び検出下限値を算出し ICP-MS による測定法の有効性を確認した。本研究で検討したバイオアッセイ手法及び ICP-MS による測定法は 2017 年 6 月 6 日に起きた原子力機構大洗の Pu 内部被ばく事故時、内部被ばく線量評価のための尿試料分析法として用いられた。

また、アクチニド核種と同様に迅速な分析が求められるベータ線放出核種である放射性ストロンチウム (ストロンチウム-89、90) を対象とした分析法及び測定法を検討した。その結果、150~300 mL の尿を供試量として検討し、ストロンチウム担体の添加なしに 2 日程度で分析が可能であることが分かった。この分析法におけるストロンチウムの回収率は、60~70%程度であった。さらに、安定ストロンチウムを添加する必要のないことが分かり、測定法として誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) を適用した際に問題となる安定ストロンチウムからの干渉を、従来の方法よりも低減できる可能性のあることと考えられた。

### 3) 皮膚汚染時における線量評価に関する研究

身体表面の汚染の測定から放射能 (表面密度) を算出し、さらにそれを線量率に換算する手順は、単純ではない場合がある。そこで、 $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の任意のサイズの汚染について、国内でも使用されている電離箱式線量当量率サーベイメータ (Victoreen 451B 型) の指示値と皮膚線量率の関係を実験と計算によって評価した。また、 $\beta$  線スペクトル測定に基づく皮膚線量評価について検討した。本手法は、特に未知核種の場合に有効と考えられる。また、これまでに国内外で使用されてきた表面密度-皮膚線量率換算係数を一覧表として整理し、出典による違いについて分析するとともに、代表的な 281 核種について計算コード VARSKIN 6.0 を用いて換算係数を計算した。計算は、二種類の汚染面積 (円形  $1\text{ cm}^2$  及び  $100\text{ cm}^2$ ) について皮膚の深さ  $7\text{ mg/cm}^2$  で、汚染面積  $100\text{ cm}^2$  について深さ  $40\text{ mg/cm}^2$  で行った。後者は、確定的影響、すなわち真皮の晩発障害 (真皮の萎縮) の防止するため、深さ  $0.3\sim 0.5\text{ mm}$  (真皮上皮) を想定したものであり、特に事故のような場合に必要である。とりまとめた換算係数一覧表を、国内で広く利用されているマニュアル類に反映させた。