

2021 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名 (注: 学位論文題名が英語の場合は和訳をつけること)

可搬型 α 線スペクトルサーベイメータのエネルギー分解能向上に関する検討

学位の種類: 修士 (放射線学)

東京都立大学大学院

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻 放射線科学域

学修番号 20897705

氏名: 嘉藤 達樹

(指導教員名: 井上 一雅)

注: 1 ページあたり 1,000 字程度 (英語の場合 300 ワード程度) で、本様式 1~2 ページ (A4 版) 程度とする。

近年、RI 内用療法において、 α 線放出核種を利用した RI 治療薬の実用化に向けた研究・開発が進められている。将来的に、同一の医療施設において複数の α 線放出核種が使用されるようになる可能性があり、それらの α 線放出核種に対する適切な放射線管理について検討する必要がある。しかし、既存の ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータでは α 線の計数率のみの計測となるため、核種同定が困難である。加えて、既存の α 線スペクトロスコピーは、据え置き型であるため汚染箇所を直接測定することができない。このため、ろ紙等で拭き取った試料を真空中で測定する必要があり、汚染拡大防止および医療機関での実用性の観点から実施することが困難である。本研究では、 α 線放出核種を用いた RI 治療薬による汚染箇所を直接測定でき、かつ空気中での測定によって核種を同定できるよう、先行研究で試作されたスペクトロサーベイメータのエネルギー分解能の向上について検討した。

本論文の第 2 章では、本研究の先行研究として試作された可搬型 α 線スペクトロメータの開発状況について述べ、実測による性能評価の結果を示した。 α 線に対する波高分布は空気層による吸収・散乱による低エネルギー側へのピークシフトとテーリングの影響を強く受け、 ^{241}Am および ^{244}Cm から放出される 5.5 MeV および 5.8 MeV の α 線に対するピークを弁別することが困難であった。したがって、可搬型 α 線スペクトロメータの実用化に向けて、エネルギー分解能の向上について検討する必要があることを確認した。

本論文の第 3 章では、可搬型 α 線スペクトロメータによる測定ジオメトリを放射線輸送計算コードである PHITS によって再現した。また、第 2 章で示した ^{241}Am 電着線源に対する波高分布から得られる計数効率およびエネルギー分解能 (FWHM) に基づいて、検出器固有の不感層の厚さおよびエネルギー分解能に関する計算条件を最適化した。線源検出器

間距離 (SSD) が 3.8 mm から 23.8 mm までの範囲において、 ^{241}Am 電着線源および 3 核種混合電着線源のいずれに対しても、計算によって実測の波高分布を概ね再現することが可能であった。

本論文の第 4 章では、コリメータを使用した場合の可搬型 α 線スペクトロメータの波高分布を放射線輸送計算コードである PHITS で計算し、エネルギー分解能の向上に向けた検討を行った。過去の文献で使用されたハニカム構造を有するアルミニウム製コリメータ (厚さ 5 mm、セルサイズ 6 mm および箔厚 250 μm) により、その効果を検証した。SSD が 7.8 mm の場合での ^{241}Am 電着線源に対する波高分布について、コリメータを使用することにより FWHM は 380 keV から 190 keV に大きく改善した。また、セルサイズおよび箔厚に対する計数効率および FWTM の依存性を調べた。計数効率はセルサイズが大きいほど、また箔厚が薄いほど向上した。一方、エネルギー分解能はセルサイズが小さくなるほど向上したが、箔厚の大きさによって大きく変化しなかった。特に、セルサイズが約 3.5 mm 以下の場合に FWTM が 280 keV になることが予想されたため、セルサイズ 3.2 mm および箔厚 25 μm のハニカム構造を有するアルミニウム製の既製部品をコリメータとして活用した結果、SSD が 8.8 mm の距離での ^{241}Am 電着線源の実測における計数効率は 2.5%、FWHM および FWTM はそれぞれ約 120 keV および約 250 keV となった。同様のコリメータを PHITS で再現し、医療用 RI (^{211}At 、 ^{223}Ra および ^{225}Ac) およびそれらの子孫核種に対する測定を想定した結果、3 つの複合ピークが分離された波高分布が計算されたことから、これらの医療用 RI を対象とした核種同定および定量に可搬型 α 線スペクトロメータを応用できる可能性が示唆された。

本研究では、 α 線のエネルギースペクトル取得において、エネルギー分解能を向上させるためにコリメータを新たに考案し、その可能性を明確にした。実用化に向けた今後の課題として、より現実的な汚染状況を想定した検討が必要となる。特に汚染や付着面の状態によって、 α 線の自己吸収による計数効率およびエネルギー分解能の悪化やピークシフトが生じる可能性があるため、それらを踏まえたさらなるコリメータの最適化や運用方法の検討が必要であると考えられる。また、 ^{223}Ra の壊変系列の過程で生じる希ガスの ^{219}Rn の飛散やその子孫核種による検出器の汚染についても対応策を検討する必要がある。