

## 審査の結果の要旨

氏名 張 宰雄

本研究は、電子リニアックを用いた  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  製造法（以下「リニアック法」という）においてパラメータ解析を行い、理工学的に有効かつ現実的なパラメータ値を提案した。詳しくは、物理的パラメータ、物理・化学的パラメータ、及び化学的パラメータを選定又は新しく定義し、プログラム開発して計算・分析を行った。尚、パラメータ解析の他にもマウスを用いた前臨床試験を行い、電子リニアック由来の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  が従来の研究炉由来  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  と同等の薬物動態を表すかを実験的に検証した。

第1章は、本研究の背景と目的を説明している。従来の研究炉ベース  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  供給の問題点を分析し、電子リニアックを用いた  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  製造法の必要性とパラメータ解析の重要性について説明している。

第2章は、パラメータ解析のため作成した3つのプログラムの説明である。プログラムのアルゴリズムや特徴について詳しく記述している。

第3章は、第2章で紹介されたプログラムである **phitar** と **actdyn** を用い電子リニアック・ビームのパラメータ解析を行った。詳しくは、 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  製造用リニアックの稼働周波数、定在波型・進行波型加速管の比較分析等が行われた。その中でも電子ビームエネルギー解析は、リニアック照射時間を考慮しているためより論理性の高いビームエネルギー設定を可能とした。

第4章は、ターゲットの全般的なパラメータの解析について説明している。分離型ターゲットにおいてどの物質がコンバータ・**Mo** ターゲットとして適しているかが定量的に比較分析されている。分析のため、第2章で説明された **phitar** が用いられた。

第5章は、第4章のターゲットパラメータ解析の一部であるコンバータ厚さをパラメータ解析し実験的な検証を行った。結果、特定の電子ビームエネルギーにおいて適切なタングステンコンバータの厚さを求めることができた。これによってコンバータの厚さを変えることだけでも  $^{99}\text{Mo}$  収率を向上させることができるようになり、原子炉法に対してのリニアック法の弱点の一つである比較的低い  $^{99}\text{Mo}$  比放射能を補うことが期待される。

第6章では、濃縮  $^{100}\text{Mo}$  による  $^{100}\text{Mo}$  核反応収率及び  $^{92,94\sim 98}\text{Mo}$  核反応収率を素早く計算できるパラメータ「density change coefficient（以下 **DCC** という）」の定義・利用について記述されている。第2章で紹介された **enrimo** は、このパラメータを計

算するため開発された。enrimo で計算された  $^{92,94-98,100}\text{Mo}$  の DCC 値を用い、 $^{100}\text{Mo}$  濃縮度による  $^{100}\text{Mo}$  収率増加、そして  $^{92,94-98}\text{Mo}$  収率減少について定量的に分析が行われた。結果、 $^{100}\text{Mo}$  濃縮度を定める際  $^{92,94-98}\text{Mo}$  の depletion level も考慮する必要があることが分かった。DCC はリニアック法の他にもサイクロトロン法でも用いることができるため、より汎用的なパラメータとしての活用が期待される。

第7章では、リニアック法において最も重要な課題の一つである低比放射能  $^{99}\text{Mo}$  の研究のため、従来アルミナ  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  ジェネレータと  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  濃縮型  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  ジェネレータの  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  溶出液の放射能濃度をパラメータ化した。特に、後者の一つである活性炭クロマトグラフィーの放射能濃度パラメータは実験的確認も行われた。

第8章では、パラメータ解析の次の段階である前臨床試験について説明されている。従来の研究炉由来  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  に対してリニアック由来  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  はどのような薬物動態を示すかを、マウス体内分布試験を通し定量的に検証した。その結果、リニアック由来  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  が従来の  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  医薬品と同等であることが分かった。

第9章（最終章）は、本論文の結論と今後の課題についてまとめている。リニアック法において重要なパラメータは何か、そしてそのパラメータの妥当な値はどの程度かについてまとめられている。

本研究で行われた総合的なパラメータ解析により、リニアック法の  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$  収率の向上、不純物放射性核種の抑制、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  抽出プロセスの向上が期待される。そして、学際的な研究課題が求められるリニアック法において、物理・化学・バイオ医工学にわたる研究が一貫して行われたため、リニアック法の実現への貢献が期待される。よって本論文は、バイオエンジニアリング専攻での、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。