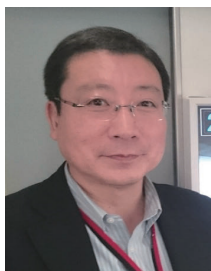


【基盤研究(S)】

大区分C



研究課題名 次世代医療用高温超伝導スケルトン・サイクロトロン の設計原理・開発基盤の確立

早稲田大学・理工学術院・教授 いしやま あつし
石山 敦士

研究課題番号：18H05244 研究者番号：00130865

キーワード：電気機器工学、超伝導材料、加速器、量子ビーム、癌

【研究の背景・目的】

本研究の最終目標は、RI (RadioIsotope) 内用療法 (核医学治療) の中で、遠隔転移などの進行がんへの効果が期待されている「アルファ (α) 線内用療法」の普及の鍵となる α 線放出 RI (^{211}At) の多量・安定・分散生産のための世界初の超小型・高強度・エネルギー可変の加速器「高温超伝導スケルトン・サイクロトロン」HTS-SC」を開発することである。これまで、その根幹となる「5-High: 高機械強度・高電流密度・高熱的安定・高磁場・高精度磁場」を可能とする超伝導応用基盤技術の開発を進めてきた。本研究課題では、ビーム加速に不可欠な磁場分布を高精度に形成するための高温超伝導マルチコイルシステムを実現するために、5-High 技術を統合した革新的コイル化技術を開発し、それに基づく HTS-SC の設計原理・開発基盤の確立を目指す。

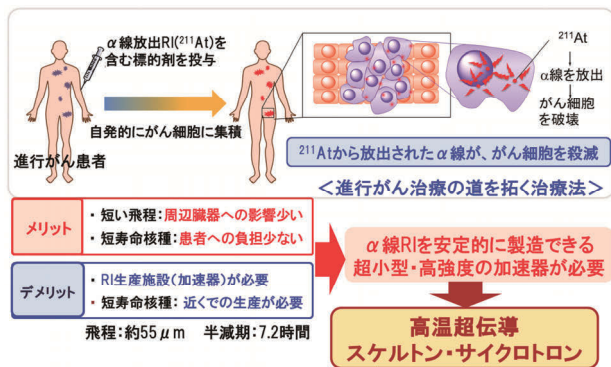


図1 α線内用療法とその普及のための課題

【研究の方法】

HTS-SC は、従来の加速器では常識の鉄芯を用いないのが特徴で、複数の空芯コイルから成るマルチコイルシステムのみでビーム加速に必要な高精度磁場形成を行う。これにより、小型・高強度化が可能であることに加え、鉄芯の非線形磁化特性の影響なく磁場を変化させ、出力を制御することができる

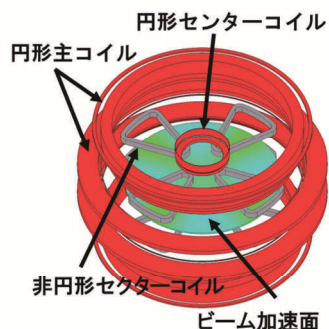


図2 空芯高温超伝導マルチコイルシステム

ため、多機能化 (α 線放出 RI 製造、PET-CT 用 RI 製造、中性子捕捉療法用熱中性子照射等) が可能となる。本研究では、HTS-SC 用マルチコイルシステム開発のための革新的コイル化技術として、1)高機械強度化のための新しいコイル補強構造 (Super-YOROI コイル構造)、2)高電流密度化と高熱的安定化を両立する技術 (無絶縁コイル巻線技術)、3)高精度の磁場を発生する技術 (遮蔽電流による不整磁場の低減法)、4) 5-High 統合技術を活かしたマルチコイル設計最適化技術を確立する。そして、小型モデル (Baby HTS-SC コイルシステム) の設計・試作・実験により、HTS-SC の成立性 (発生磁場の空間分布精度や時間安定度) と有効性 (出力エネルギー可変) を実証するとともに、得られた成果・知見に基づき、実規模 HTS-SC の早期実現に向けた開発課題を明らかにする。

【期待される成果と意義】

本研究で開発を目指す HTS-SC は世界初の提案であり、これにより、RI 製造用だけでなく、重粒子線 (陽子線・炭素線) ががん治療用加速器への展開が可能となり、超小型化、空間自由度の拡大、低コスト化、治療照射の高効率化 (エネルギー切替やマルチビーム取出しによる複数同時治療) など、医療用加速器応用に格段の広がりを持たせることが期待できるようになる。さらに革新的コイル化技術が確立されれば、10T 以上の超高磁場 MRI への応用、さらに医療用だけでなく、次世代小型核融合炉用や高貯蔵密度超伝導電力貯蔵装置用コイルなど未踏ステージでの応用実現にその技術を活かすことが可能となる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ A.Ikeda et al., "Transient Behaviors of No-Insulation REBCO Pancake Coil during Local Normal-State Transition," IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 26, No. 4, 4600204, 2016
- ・ H.Ueda et al., "Conceptual design of next generation HTS cyclotron" IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 23, No.2, 4100205, 2014

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度 - 34 年度
148,800 千円

【ホームページ等】

<http://www.eb.waseda.ac.jp/ishiyama/>