

超伝導システム

課題名 高温超伝導を用いた高性能・高効率・小型加速器システムへの挑戦

研究期間 平成21(2009)年度～平成30(2018)年度

加速器応用に向けた高温超伝導電磁石の 基盤技術を確立

ポイント

- ・医療用・産業用粒子加速器の電磁石に高温超伝導を用いて、小型化・省電力化・高性能化の可能性を確認した。
- ・高温超伝導電磁石を医療用加速器のビームラインに設置して、ビーム偏向機能を実証し安定運転を確認した。
- ・早期に応用が期待される小型回転ガントリーにより、重粒子線がん治療の普及が期待される。

- ◆プロジェクトマネージャー／研究リーダー
雨宮 尚之(京都大学)
- ◆開発リーダー
来栖 努(東芝エネルギーシステムズ株式会社)

課題と目指したこと

円形加速器は、電子やイオンといった小さな粒子の運動の向きを電磁石で発生させた磁界で曲げ円軌道を周回させながら、粒子にエネルギーを与えて、これを加速していく装置です。近年では、高いエネルギーを与えた陽子や重粒子を治療用ビームとして飛ばしてがん腫瘍にぶつけて治療する装置に応用されています。電気抵抗がない超伝導状態を発生できる材料で作製された電磁石(超伝導電磁石)を使うと、銅で作製された電磁石より大きな磁界を発生することができ、治療装置のコンパクト化、高性能化が可能となります。しかし、超伝導材料を電気抵抗がない状態にするためには、多くの場合、資源の枯渇が心配される液体ヘリウムで低温にする必要があります。そこで、加速器応用に向けた、液体ヘリウム不要な高温超伝導電磁石を開発するプロジェクトを立ち上げて、その基盤技術を確立しました。

ビーム誘導を実証

超伝導材料の電線でコイルを作製する方法やコイルを含む超伝導電磁石の設計などの要素技術の開発、超伝導電磁石の試作、超伝導電磁石の機能実証試験と計画を進めていきました。高温超伝導材料はセラミックスであるため、コイルを作るために高度な技術を開発する必要があります。高温超伝導材料は希土類元素の銅酸化物を用いました。

プロジェクトの終盤では、液体ヘリウム不要の超伝導電磁石を開発し銅電磁石では発生できない大きさの2.4テスラの磁界を発生させ、重粒子線がん治療装置にて機能実証実験を実施し、がん治療装置から発生する治療用ビームの進行方向を誘導できることを実証しました。

また、同ビームを意図的に超伝導コイルに当て、これに伴う発熱による温度上昇があっても超伝導状態を維持し安定して動作し続けることを実証しました。加速器においては、ビームがコイルに当たってしまう事象が起こりえます。今回の実験結果は安定した運転が強く要求される医療用加速器などにおける高温超伝導電磁石のメリットを示すものです。

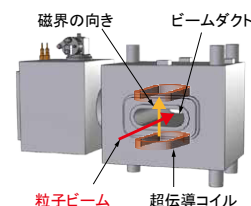
保険適用拡大で需要は増える見込み

重粒子線がん治療装置用回転ガントリーで使用されている低温超伝導マグネットに比べ、より安価に超伝導を実現できるだけでなく、ガントリー装置の小型・軽量化によるコスト削減が期待できます。放射線医学総合研究所(*)では、年間800名を超える患者さんを同治療装置により治療しています。今後、保険適用疾患の更なる拡大に伴い、装置の需要が増える見込みです。S-イノベの研究期間は終了しましたが、大学や企業などの共同研究体制は維持し今後も研究開発を進めます。同治療装置及び設備の小型化・低コスト化などの更なる研究成果が期待できます。S-イノベで開発した技術の実用化を目指します。

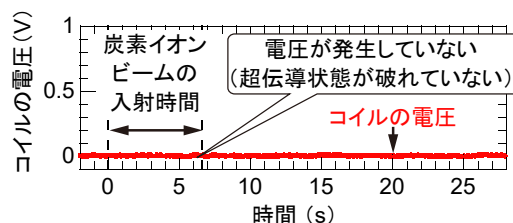
※放射線医学総合研究所：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構の一部門



高温超伝導電磁石の外観

高温超伝導電磁石内の
コイル配置超小型重粒子線がん治療装置
(回転ガントリー)のイメージ図 # 1

#1 量子科学技術研究開発機構 関西光科学研究所提供



炭素イオンビームを入射したときのコイルの電圧：電圧、すなわち電気抵抗が発生しておらず、超伝導状態が安定に保たれています。

関連情報の一例

プレスリリース (2018年12月13日発表) 京都大学、他

http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2018/181213_1.html

「高温超伝導を用いた粒子加速器用電磁石の機能実証に成功 - 粒子線がん治療の普及拡大へ道筋 -」

