



高温超伝導体 (HTS) を用いた20-70Kで安定動作可能な高磁場超伝導磁石の開発

電気電子工学および
その関連分野

研究者所属・職名 : 超伝導低温工学センター・教授

ふりがな おぎつ とおる

氏名 : 荻津 透

主な採択課題 :

- [国際共同研究加速基金\(国際共同研究強化\(B\)\)「高温超伝導体 \(HTS\) を用いた20-70Kで安定動作可能な高磁場超伝導磁石の開発」\(2018-2021\)](#)

分野 : 量子ビーム科学、電気電子工学

キーワード : 加速器、超伝導電磁石、耐放射線、高温超伝導

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

近年発展が目覚ましい高温超伝導(High Temperature Superconductor; HTS)線材を用いて、これまで超伝導磁石が利用されてこなかった高い放射線環境や1Hz以上の早い繰り返し運転においても高磁場利用できる革新的な加速器用超伝導磁石技術を実現する為、米国ローレンス・バークレー国立研究所(LBNL)、ブルックヘブン国立研究所(BNL)および日本の京都大学と先導的国際共同研究を行う。特にHTS線材の特性である高い臨界温度特性を生かし高い熱負荷条件でも常伝導磁石と比較して圧倒的に低消費電力で運用できる超伝導磁石技術の確立を目指す。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

科研費の資金は国内機関に対しては有効であるが、相手国側では別途資金を獲得しないと研究を進めることができない。特に米国は、研究に従事する研究者や場合によっては支援業務をする事務方の人件費なども必要になる場合が多く科研費のレベルでは、ほとんど研究が進まない。このため日米科学技術協力など別の外部資金獲得のスキームを利用して米国側の資金獲得が必須となった。また研究を始めて程なくCOVID-19の感染拡大が起き渡航が実質的に不可能になったため双方で独自に研究を進めながらテレビ会議等で共同研究を進めるスタイルに進めることとなった。



図1 BNLの試験装置(上)と試験用高温超伝導コイル(下)のイメージ図



高温超伝導体（HTS）を用いた20-70Kで安定動作可能な高磁場超伝導磁石の開発

電気電子工学および
その関連分野

研究成果

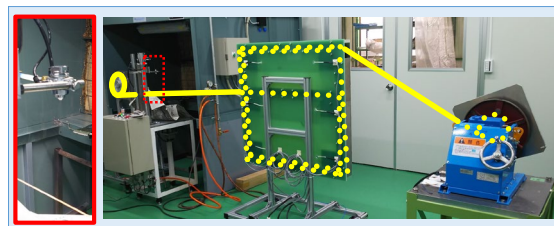


図2 無機絶縁施工装置

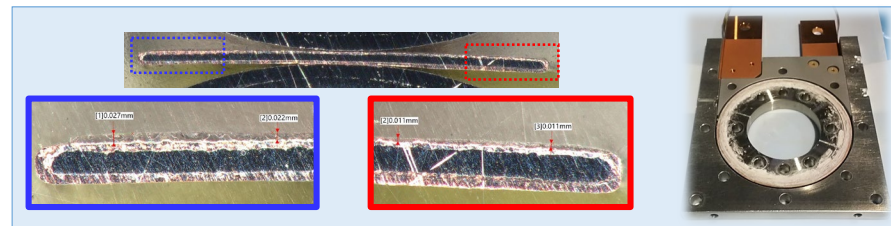


図3 無機絶縁施工後線材断面と試作コイル

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

HTS線材およびセラミックコーティング無機絶縁の耐放射線性を確認する試験を行った。中性子照射による放射線耐性試験は、昨年度に 10^{22} n/m² オーダー照射で超伝導性の消失を確認したHTS線材で、原因調査のためX線回折による構造解析を行う事とし、未照射サンプルで装置のコミショニングを行い予想される角度にHTS材料であるGdBCOのピークが観測できることを確認した。ベルギーのBR2で照射が行われた熱中性子の効果や 10^{21} n/m² オーダーの照射の効果进行调查するサンプルは、COVID-19の影響で日本への到着が大幅に遅れたが令和3年度に特性評価が進捗中で超伝導は保持されているが相当の劣化が見えることが確認されてきている。これらのサンプルの劣化の原因をより詳細に調べるため照射済みサンプルを米国に送る準備もしている。また、γ線によるREBCO及び絶縁材料の放射線効果を調べるために、量子科学技術研究開発機構高崎量子応用研究所(QST高崎)のコバルト60ガンマ線照射施設において、0.2, 1, 5, 10, 20 MGyのγ線照射試験を行い特性評価を行ったところ顕著な超伝導性の劣化は観測されなかった。無機絶縁超伝導磁石の基盤技術確立に向け、テープ線材に無機絶縁を連続施工する装置を開発、幅方向で端部が薄くなるが、長手方向に対して40mで±4.3μmの均一性でコーティング膜を成形することに成功した。試作遠景コイルの通電試験を最大500Aまでできる臨界電流測定装置の構築を進めた。また令和2年度に、BNLの試験スタンドに適合するレーストラックコイルの巻き線を行う予定だったが、COVID-19の影響で米国での試験の目途が立たなかったためコイルの製作は令和3年度に持ち越した。

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

HTS線材および無機絶縁の耐放射線性を確認し高放射線環境で持続的に高磁場を発生できる超伝導電磁石技術を確立し、将来の加速器科学の発展に寄与する。また高温超伝導線材の大電流化やクエンチ保護なども実際の電磁石の実現には必要不可欠な技術であるので研究分担者である京都大学の雨宮研究室の協力のもとこれらの技術の確立も目指す。高放射線環境における高磁場超伝導電磁石は将来のハドロンコライダーの衝突点や大強度ミュオン源などの二次粒子捕獲ソレノイドなどに必須な技術であり、今後も継続的に研究を進める必要がある。



図4 京大の大電流超伝導体試験装置の写真