

超伝導システム

課題名 高温超伝導材料を利用した次世代NMR技術の開発

研究期間 平成21(2009)年度～平成30(2018)年度

NMR装置の高性能化に向けた小型高磁力の超伝導磁石と高感度プローブを開発

ポイント

- ・NMR装置へ高温超伝導材料を用い、高感度化と超伝導磁石の小型化によりNMRの普及拡大の可能性を検証した。
- ・高温超伝導材料を用いた磁石とプローブの要素技術開発を行い、800MHz級の小型高磁場NMRシステムを実現した。
- ・小型・高性能NMRの普及により物質・生命科学、材料評価、創薬などの分野への応用の波及が期待できる。

- ◆プロジェクトマネージャー／開発リーダー
末松 浩人(株式会社 JEOL RESONANCE)
- ◆研究リーダー
松本 真治(物質・材料研究機構)

課題と目指したこと

核磁気共鳴(NMR)装置は、分子構造の解析に使用される装置で、創薬、バイオ、食品、石油化学、電子材料、電池などの広範囲にわたる分野の研究開発に欠かせない分析装置です。強い磁力ほど詳細な解析が可能ですが、装置の高磁力化に伴い、装置が大型化するため、設置費用が大きくなってしまい、装置普及の足かせとなっています。その解決の鍵となり得るのが超伝導材料です。超伝導材料は、低温で、電気抵抗がゼロである超伝導状態を発生できる材料で、超伝導状態では大電流を流せるため、小型の電磁石でも高磁力を発生できる可能性があります。超伝導材料の中でも高温超伝導材料は、超伝導状態の発生のために液体ヘリウムを必須としないメリットがありますが、セラミックスであるためおろく、またテーブ形状をしており、金属系超伝導材料と違い、電磁石を作るのも困難な課題です。そこで、高温超伝導材料を利用した小型で高磁力のNMR装置の開発に取り組みました。

次世代NMR装置

小型高磁力の超伝導電磁石と高感度プローブ(検出器)を主な目標に掲げて開発を進めました。NMR装置は、電磁石が作る磁場中で、解析対象の試料中の核磁気共鳴して発生された微弱な高周波信号をプローブで検出し、核磁気の周りの微小な磁場環境の違いを読み取ることで分子構造を解析します。プローブの感度はNMR装置の性能を大きく左右します。プロジェクト中盤では、金属製NMR検出コイルを用いたプローブを極低温で使用すると高感度(開発当時の従来比5倍)で検出できることを実証し、製品として(株)JEOL RESONANCEから販売を開始しました。更なる感度向上を目指し、高温超伝導材料を検出コイルに用いたプローブを開発しました。良好なNMR検出が確認されており、製品化に向けて継続して開発を進めています。

また、電磁石に使う超伝導材料は、種々検討した結果、装置の取り扱いやすさとコストの観点から、高温超伝導材料と液体ヘリウムを要する低温超伝導材料の両方の材料を組み合わせることにしました。超伝導状態の発生と維持のために液体ヘリウムを使いますが、冷凍機を併用し液体ヘリウムの蒸発をゼロとしました。800MHz級(磁力は18.8テスラ)の強力な電磁石を搭載したNMR装置を試作し、その性能の実証を目標にしました。開発したNMR装置の重量は1.6トンであり、従来の800MHz級と比較すると、圧倒的な小型化が実現できました。また、設置スペースは通常の実験室にすることが可能です。軽量化により設置室整備コストを大幅に削減できるため、NMRシステム全体でも大幅なコスト削減が可能と試算されています。

JSTは別事業で継続支援

NMR装置は、国際的にも熾烈な開発競争が行われています。S-イノベによる支援は終了しましたが、S-イノベに参加した産学連携チームも参画するJST未来社会創造事業の“超伝導接合技術”プロジェクトとして、JSTはNMR装置の更なる高性能化の研究開発を支援しています。

関連情報の一例

プレスリリース(2012年11月19日発表) JEOL RESONANCE
http://www.j-resonance.com/corporate/wp-content/uploads/2013/04/pressrelease_121119.pdf
 「炭素原子核を高感度で観測可能なNMRプローブを開発」



S-イノベ成果によるプローブ(販売中)
 (製品名: UltraCOOL プローブ/
 (株)JEOL RESONANCE)

<https://www.jeol.co.jp/applications/detail/1059.html>



従来技術

JEOL RESONANCE
 800MHz
 (シールド型)



S-イノベ



>3.5ton



~1.6ton

試作した
 800MHz級
 (18.8T)
 NMR装置

コンパクト化により
 省スペースでも設置可能に