同時発表：
筑波研究学園都市記者会（資料配付）
文部科学記者会（資料配布）
科学記者会（資料配布）

NMR用直流電源調整大電流ダミーロードの開発に成功

平成１９年１１月７日
独立行政法人物質・材料研究機構

概　要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：岸　輝雄）強磁場共用ステーション（ステーション長：木戸 義勇）の二森 茂樹 主幹エンジニアらは、国内最大の定常強磁場を発生するハイブリッド磁石で高分解能NMR測定を可能にするための電源調整用大電流ダミーロード（模擬負荷）を住友電設株式会社と共同で開発に成功した。

2. 強磁場はNMRの感度と分解能を向上させるため、NMRの強磁場化を巡って競争が繰り広げられている。物質・材料研究機構 強磁場共用ステーションは国内最大の定常強磁場を発生するハイブリッド磁石を有する。水冷銅磁石と超伝導磁石を組み合わせるハイブリッド方式は現在最高の定常強磁場を発生する方法であり、NMR測定にとって非常に魅力的である。しかしながら水冷銅磁石の磁場安定度は超伝導磁石に比べ圧倒的に劣り、ハイブリッド磁石でのNMR測定は非常に困難であり不向きと言われてきた。

3. ハイブリッド磁石でのNMR測定を可能にするためには水冷銅磁石の磁場安定度を向上させる必要がある。水冷銅磁石は超伝導磁石のように電源を切り離して永久電流による運転が出来ないため電源の安定度が磁場の安定度に直接影響する。NMR測定を行うには電源の安定度を向上させる必要があり、そのためには電源出力調整が必要となる。

4. 電源出力の調整時には適切な負荷（水冷銅磁石）を接続する必要があるが、直接に水冷銅磁石を接続すると電源出力調整時に発生する大きな出力変動によって磁石に過大な電磁力がかかり、破壊に至る。そのため電源出力の調整に際しては磁石と同等の負荷性能を持ちながら急激な出力変動に耐えうるダミーロード（模擬負荷）を接続し、電源出力を安定化した後に磁石へと接続を切り替える必要がある。

5. 水冷銅磁石と同等の負荷特性を有し、4.3m×1.2m×1.2m と非常にコンパクトなダミーロードの開発に成功した。このコンパクトさゆえ、本体は地上 5m の空間に設置することができ、地上の空間を占拠しない。
今回の開発はハイブリッド磁石電源のみならず 10MW 以上の大電力電源の調整を可能にした。高安定な磁場発生が可能になれば、ハイブリッド磁石を用いた 30T(ﾃｽﾗ)を超える強磁場NMRが実現・発展すると思われる。

研究の背景

近年、NMRを利用した新種素材の研究開発が急速に進められている。強磁場の利用はNMRの分解能と感度を向上させることができる。一般にNMR測定には超伝導磁石が使用されているが、その最も大きな理由は高安定な強磁場環境を比較的容易に得られるからである。超伝導磁石と水冷銅磁石を組み合わせたハイブリッド方式は現在のところ最も強い定常磁場を発生できるが、超伝導磁石に比較してインダクタンスが圧倒的に小さい水冷銅磁石は電源のリップルなどの不安定性に非常に敏感で、電源の安定度がNMR測定の可否を決定づけている。ハイブリッド磁石を用いて精密なNMR測定を行うには水冷銅磁石における非常に精密な電流安定度が必要であり、電源調整が必要となる。

研究成果の内容

ダミーロードは実負荷である水冷銅マグネットと同等の負荷特性を要するため、35,000A(ｱﾝﾍﾟｱ)通電時に於いて330V(ﾎﾞﾙﾄ)以上という非常に大きな電圧降下を発生させる必要がある。さらに水冷銅マグネットは、純水による強制水冷方式なので、この水冷銅マグネットの代わりとなるダミーロードも同じ強制水冷方式を採用しなければ高コストとなる。

導体にはコンパクトで、なおかつ高抵抗という相反する条件と、更に冷却水を沸騰させない小さな発熱量で通電時に抵抗変化が小さいという矛盾する条件を満たすことが必要であった。そこで、磁石と同じ冷却回路に接続した場合の導体本体の温度と冷却水の温度を解析する温度解析法と、通電導体部に対して直接冷却水を流すため冷却水と冷却機間の電気的絶縁構造を開発した。また、空間的な制約からコンパクトな並列回路としたため、ダミーロードに大電流を流した際に発生する電磁力をお互いに打ち消し合う構造としたことによって機械的強度を維持した。

波及効果と今後の展開

ダミーロードで35,000A 330V以上の規模では世界で初めて開発に成功した。これを用いて電源調整を行い水冷銅磁石の安定度を向上させ、ハイブリッド磁石を用いた30Tを超える強磁場NMR測定が発展することが期待される。30Tの磁場でNMR測定が実現・発展すれば、これまで水素と炭素に限られていたNMR分析が応用上重要な他元素でも可能となり、多くの複雑な材料の分析、さらにX線や放射光、電子顕微鏡では得られない非晶質の構造解析が可能となることが予想される。

問い合わせ先：
〒305-0047　茨城県つくば市千現１－２－１
独立行政法人物質・材料研究機構
広報室　TEL:029-859-2026

研究内容に関すること：
独立行政法人物質・材料研究機構
強磁場共用ステーション
主幹エンジニア　二森　茂樹（ にもり　しげき ）
ＴＥＬ：029-863-5528
ＦＡＸ：029-863-5441
E-mail：NIMORI.Shigeki@nims.go.jp

【用語解説】

1）ハイブリッド磁石

超伝導磁石単体では発生磁場に上限があるため、超伝導磁石と水冷銅磁石を組み合わせることによって、それぞれの単体では到達不可能な強磁場を発生する磁石。二重構造で外側に超伝導磁石、内側に水冷銅磁石が置かれる。超伝導磁石が発生する磁場に水冷銅磁石が発生する磁場を上乗せした形で強磁場が得られる。

2）水冷銅磁石

電磁石の一種で銅合金を導体とする。通電時の抵抗による莫大なジュール発熱を純水で冷却することによって運転し磁場を発生させる。

3）インダクタンス

外部電流の変化に対して変化を防げるようにコイルに発生する電圧の大きさ度合いを表す（単位はヘンリー)。超伝導磁石は数十ヘンリーで、それに対し水冷銅磁石はおよそ１万分の１。

4）リップル

整流後の出力に重畳される電源入力周波数と同期した交流成分。

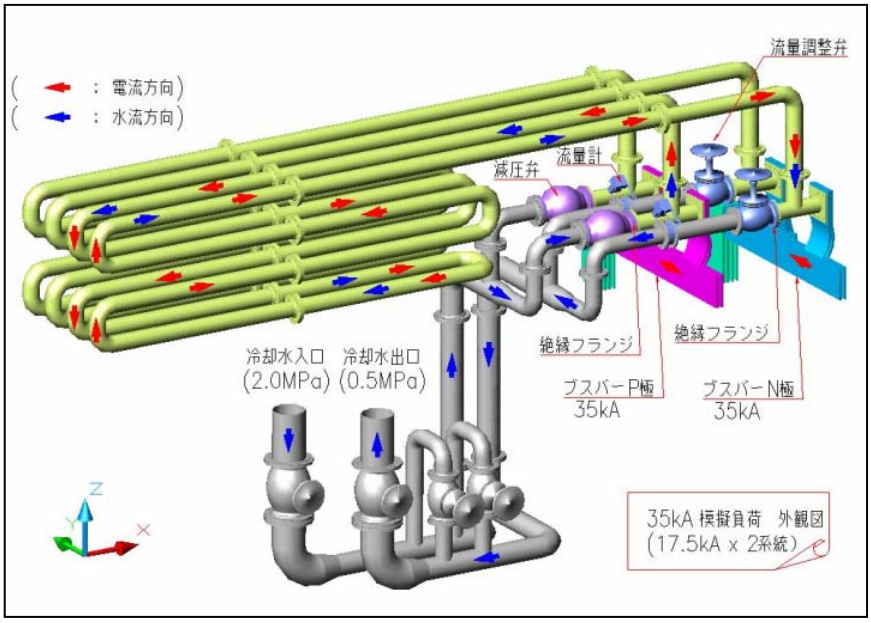

図１　ダミーロード（模擬負荷）の外観図

図２　ダミーロード（模擬負荷）の実物写真