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

直径５２mm室温空間に定常磁場の世界記録を更新する

３５．５テスラの発生に成功

平成１７年１月２６日
独立行政法人物質・材料研究機構

概要

独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：岸　輝雄）強磁場研究センター（センター長：木戸義勇）磁場発生技術グループ（グループリーダー：木吉　司）の浅野稔久主幹研究員らは、新しく開発した水冷銅マグネット[1)]を既存超伝導マグネットに組み込むことで、直径５２mmの室温空間に一定時間維持する定常磁場としては世界最高の３５．５ Ｔ（テスラ）の発生に成功した。

直径５０mm以上の室温空間に発生した定常磁場のこれまでの世界最高記録は当機構がハイブリッドマグネットで発生した、３２．３ Ｔであるが、この記録を更新した。

水冷銅マグネットは、その運転に非常に大きな電力を消費すると同時にコイルの材料強度の限界に近い強い電磁応力を受ける。昨年５月に室温空間直径３２mmの国内記録を３７．９Ｔ（世界第２位）と更新した時に採用した手法を、直径５２mmの室温空間へ拡大した水冷銅マグネットの設計に取り入れ、水冷銅マグネットのコイルを構成するビッター盤[2)]（図）の形状と積層方法を工夫することで、発生する磁場を従来より３.２ Ｔ以上向上させた。

強磁場研究センターでは、現在ハイブリッドマグネットを含む各種強磁場マグネットを共同利用施設として外部機関に広く開放している。ハイブリッドマグネットでは直径５２mmの室温空間を利用した測定の需要が多く、現在精力的に進められている高温超伝導体の機構解明や磁場中での新現象の探索も、より強い磁場で長時間計測できることになる。

成果の内容

以下に技術的な要点を示す。

①従来のビッター盤の冷却孔形状の幅と長さの比および配置に改良を加え、電磁応力の分散と冷却効率の向上に努めた。（図）
②締め付けボルトの位置を低電流密度となるビッター盤のより外周側に設置す

ると同時に、ボルト形状を扁平にしてできるだけ電流経路の減少を少なくするようにした。（図）

③一巻きあたりのビッター盤の積層枚数を変化することでコイル軸方向の電流密度に傾斜を持たせ、電力効率の向上および応力軽減に努めた。

コイル設計にこれらの工夫を同時に取り入れ、水冷銅マグネット各層の電磁応力の低減を図ると同時に電流密度のより適正なコイル内分配を行い、磁場の発生効率ができるだけ高くなる組み合わせを実現した。また同時に、コイル温度の上昇も低減することができた。

開発した水冷銅マグネットは超伝導マグネットの内側に組み込まれ、超伝導マグネットと水冷銅マグネットという異なるマグネットで構成されるハイブリッドマグネット[3)]として、超伝導マグネットの発生する磁場（１４.０５ Ｔ）に開発した水冷銅マグネットの磁場（２１．４９ Ｔ）を加えることで、５２ｍｍの室温試料空間で３５．５ Ｔの磁場を発生した。

波及効果と今後の展望

強磁場研究センターでは、これまでハイブリッドマグネットやＮＭＲ（核磁気共鳴）マグネットなどの開発で世界を先導してきた。定常磁場を最も効果的に発生できるハイブリッドマグネットの発生磁場の向上は、主に比較的寿命の短い水冷銅マグネットの交換によって行われる。本マグネットは設計通りの強度と設計以上の冷却性能を実現していることが確認された。

同センターでは、現在ハイブリッドマグネットを含む各種強磁場マグネットを共同利用施設として外部機関に広く開放しており、今回の研究成果に基づき、外部ユーザーへの提供磁場の増加を予定している。現在は３２mmと５２mmの室温空間でそれぞれ３６Ｔと３０Ｔを提供しているが、多くの実験は試料空間を大きくとれる５２mm用水冷銅マグネットを組み込んで行われている。このたびの発生磁場の向上により、現在精力的に進められている高温超伝導体の機構解明や磁場中での新現象の探索をより強い磁場で長時間計測できることになる。

今回の手法をさらに改良した、室温試料空間が５２ mmの予備水冷銅マグネットを新たに製作中である。

用語説明

１）水冷銅マグネット

銅合金（常伝導）を導体とする電磁石で、コイルで発生するジュール熱を水で冷却しながら運転するマグネット。円筒コイルを同心円上に配置するポリヘリックス型、ビッター盤を積層するビッター型、板状の導体を冷却水路と絶縁を確保しながら巻き込んだリボン型などの種類がある。最近の強磁場発生に使用される水冷銅マグネットは、冷却効率を高くできて高電流密度が達成可能であり、製作や保守が比較的容易なビッター型マグネットが主流となっている。

２）ビッター盤

ビッター型水冷銅マグネットのコイルを形成するための導体円盤。図のように中央に穴のある切れ目を持つ円盤で、同心円上に周期的に分布する冷却水路用の孔を持つ。ビッター盤に薄い絶縁材をはさみながら、冷却孔が重なるように積層することにより、螺旋状の電流経路を形成すると同時に、冷却のための水路を形成する。積層したコイルは電気的接触を確保し、電磁力によるずれを防止するためにスタッドボルトで締め付けて使用する。

３）ハイブリッドマグネット

超伝導マグネットの内側に水冷銅マグネットを組み込んだマグネット。それぞれの発生する磁場を重ね合わせて、超伝導マグネットだけでは発生できない定常強磁場を発生する。強磁場研究センターのハイブリッドマグネット用の超伝導マグネットは，　直径 40 ㎝ の空間に 15 T までの磁場を発生できる。この空間に内挿型の水冷銅マグネットを組み込み、当センターの定格出力 15㎿ の直流電源を用いて常伝導の水冷銅マグネットを励磁する。水冷銅マグネットで発生するジュール熱は水で除去され、ほぼ一定のコイル温度で定常強磁場を発生する。世界最高記録は、米国・国立強磁場研究所で達成された 45.1 Ｔで、これは３２㎜ 室温空間に発生された。

問い合わせ先：
〒305-0047　茨城県つくば市千現一丁目２番１号
独立行政法人物質・材料研究機構
　広報室
　TEL：029-859-2026
　FAX：029-859-2017

研究内容に関する問い合わせ先：
独立行政法人物質・材料研究機構
　強磁場研究センター　磁場発生技術グループ
　主幹研究員　浅野　稔久（あさの　としひさ）
　TEL：029-863-5527

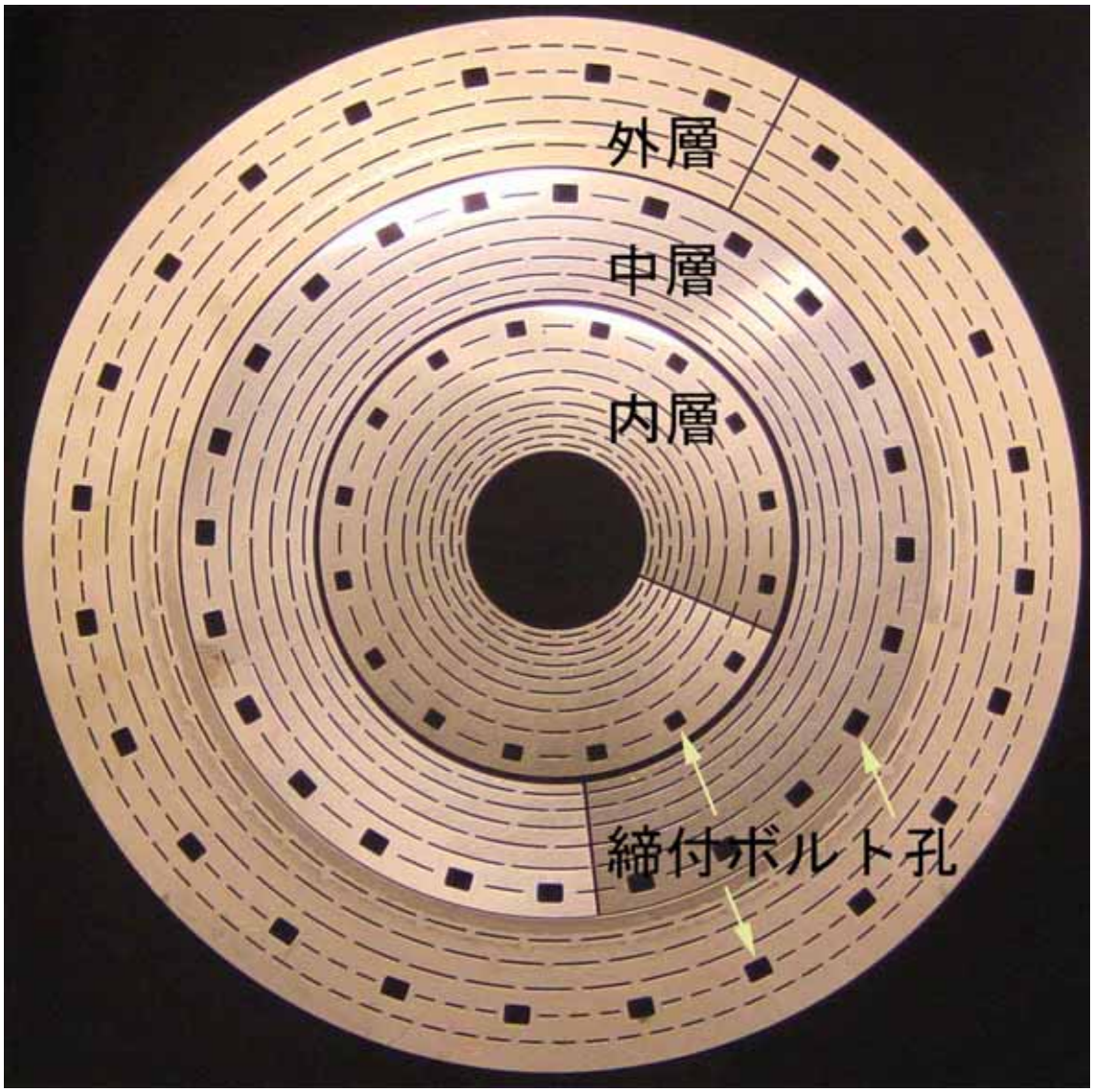

図　開発した水冷銅マグネットで使用したビッター盤の写真。細い孔は冷却水孔.