

均一磁気力場発生技術の開発

1. 均一磁気力場発生用超伝導マグネット

金属系超伝導体(NbTi, Nb₃Sn)を使用し、径10mm×長さ10mmの空間内で磁気力場(磁場と勾配磁場の積)の均一度の条件を満たしながら、最大の磁気力場を発生できるマグネットの形状を非線形計画法にて求め、製作した。その断面形状と外観写真を Fig. 1, 2 に示す。Fig. 1 内の白抜きの四角形は試料空間を示している。Table 1 にマグネットの諸元を示す。

伝導冷却式超伝導マグネットとしては蓄積エネルギー、発生磁場共に最大となる予定である。本マグネットは既に完成しており、全体が均一に冷却できることも確認した。専用クライオスタットでの性能試験の後、タンパク質結晶成長実験に使用される予定である。

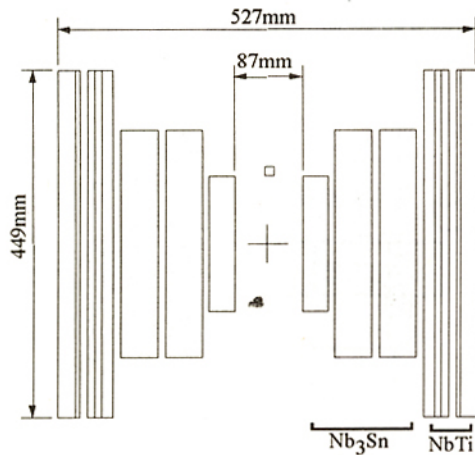


Fig. 1 マグネット断面図



Fig. 2 マグネット外観写真

Table 1 マグネット諸元

	Coil 1	Coil 2	Coil 3	Coil 4-1	Coil 4-2	Coil 4-3	Coil 5-1	Coil 5-2
内径(mm)	87	167	278	389	418	436	474	486
外径(mm)	147	260	344	417	435	454	486	527
長さ(mm)	174	292	292	449	449	449	449	449
ターン数	2785	7129	7128	3960	2847	3087	2544	11220
線種	Nb ₃ Sn	Nb ₃ Sn	Nb ₃ Sn	NbTi	NbTi	NbTi	NbTi	NbTi
線径(mm)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
運転電流	157A							
中心磁場	17T							
磁気力場	-860T ² /m							
均一度	<1% : 軸方向成分の変動 <2% : 径方向成分と軸方向成分の比							

2. 磁気力場ブースタ

超伝導マグネットのボア内に強磁性体を配置することで大きな磁気力場を得ることが提案されている¹⁾。しかし、単純に強磁性体の円盤やリングを配置するだけでは磁気力場の均一度は得られない。よって、我々は出来るだけ磁気力場の均一度を劣化させずに磁気力場を大きく出来る強磁性体の配置について検討し、実際にその効果を確認した。超伝導マグネットには市販のJMT製10T伝導冷却式超伝導マグネット(室温ボア100mm)を使用した。強磁性体には電磁軟鉄を利用し、Fig. 3に示すように超伝導マグネットの室温ボア内に配置した。リング状の強磁性体と円盤状の強磁性体を同時に配置することで磁気力場の均一度を保つことが出来る。本配置で計算される均一度は軸方向成分の軸上での変動が2.9%であり、1.で開発したマグネットほどの均一度は得られないものの、通常のマグネットに匹敵する軸上での均一度を維持することが出来る。超伝導マグネットの赤道面対称に強磁性体を配置しているのは超伝導マグネットと強磁性体間の電磁力を相殺するためである。Fig. 4に試料空間付近の磁気力場分布の計算値を示す。また、超伝導マグネットの中心磁場による磁気力場の測定結果と計算結果の変化をFig. 5に示す。磁気力場の計算時、電磁軟鉄の磁化は2.2Tで飽和していると仮定した。電磁軟鉄の磁化が飽和する中心磁場2T以上の領域では計算値と測定値が一致している。

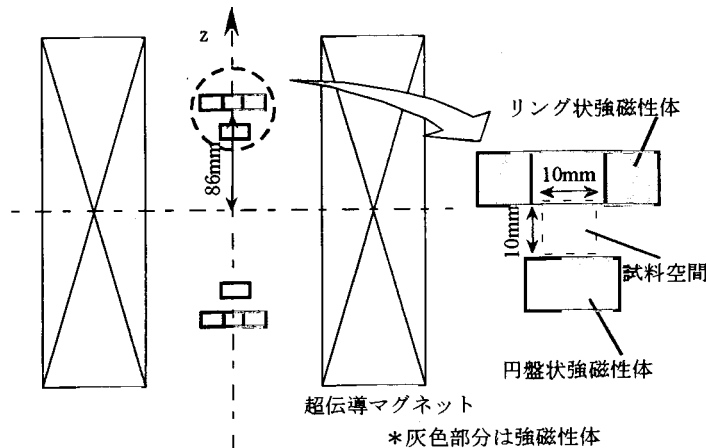


Fig. 3 強磁性体配置図

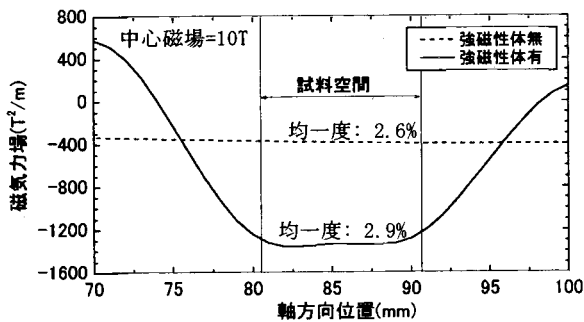


Fig. 4 磁気力場の軸上分布

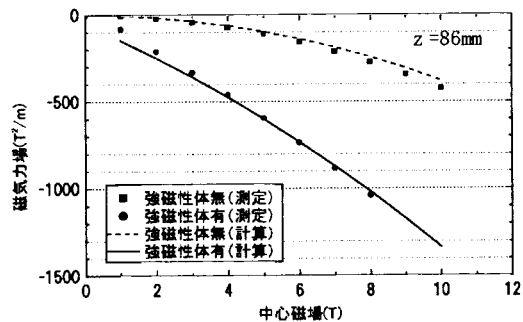


Fig. 5 磁気力場と中心磁場の関係

参考文献

- 1) 植竹宏住, 廣田憲之, 北沢宏一, 三好一富: 日本応用磁気学会誌 23, pp1601(1999).