

今日では、超電導線材は製造技術の向上により、種々のものがつくられ、用途に応じてそれぞれ利用されるようになってきた。その中で、最も関心がもたれている応用分野として、活発に研究されている高エネルギー物理での加速器用超電導磁石、及び、核融合の開発でのエネルギーストレンジバンクとしての超電導コイルなどがある。本研究では、上記の用途に適応する線材として、完全絶縁被覆 single strand wire を試作し、この線の交流特性 (0.1~2.0 Hz) について実験し、他の線との比較、検討を行った。

### 実験・結果

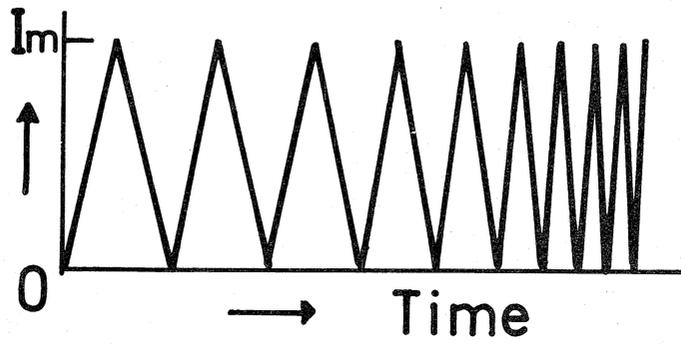
試作した超電導線は core 径:  $70 \mu\text{m}^\phi$ , Cu 含まれ径  $100 \mu\text{m}^\phi$ , Cu 対 super. の体積比=1, ホルマルによる  $5 \mu\text{m}$  の厚さの絶縁被覆した線を 19 本を  $7 \text{mm}$  のピッチで同心熱りしたもので、全径は  $0.6 \text{mm}^\phi$  である。また、19 本は各々が完全に絶縁被覆されているので coupling current のない線と考えられる。この線と比較するため、single core wire (core 径  $0.25 \text{mm}^\phi$ , Cu 含まれ径  $0.35 \text{mm}^\phi$ ,  $\frac{\text{Copper}}{\text{super}}=1$ ) と 61 FM wire (core 径  $40 \mu\text{m}^\phi$ , overall 径  $0.5 \text{mm}^\phi$ ,  $\frac{\text{Copper}}{\text{super}}=1.2$ , twisted pitch  $20 \text{mm}$ ) を用意した。

試料コイルは tight winding によってつくられ、その形状は内径  $18 \text{mm}^\phi$ , 外径  $38 \text{mm}^\phi$ , 高さ  $40 \text{mm}$  である。測定は三角波発生する電源を用い、まず、通電電流の値を  $I_m$  に固定し、周波数を増加させると、超電導状態から常電導状態に遷移 (Quench 現象という) するときの周波数を測定した (図 1)。この結果は通電電流  $I_m$  とコイル全体の平均電流密度  $J_m$  とそのとき発生した中心磁場  $H_m$  との積を Quench したときの周波数  $f$  に対して  $\log \log$  でプロットしたのが図 2 に示されている。図をみると、single core wire と 19 strand wire は同様な傾向を示し、 $J_m \cdot H_m$  は単調に減少してゆく。これと対照的に 61 FM wire は  $0.3 \sim 0.5 \text{Hz}$  のところで  $J_m \cdot H_m$  が急激に減少し、single core wire, 19 strand wire と異った様子を示す。また、 $J_m \cdot H_m$  の大きさ  $\times$  は低周波領域では 61 FM wire が最も大きく、高周波領域では 19 strand wire が大きくなっている。これらの特性は wire core 径と coupling current の存在の有無に依存していると考えられる。超電導コイルから発生する熱は式  $\int J(H) dH \cdot d \cdot f$  に比例するから、これより、コイルが Quench する  $f$  と  $J_m \cdot H_m$  の関係導くと  $(J_m \cdot H_m)^2 = a - b \cdot d \cdot f \cdot (J_m \cdot H_m)^2 \ln (J_m \cdot H_m)$

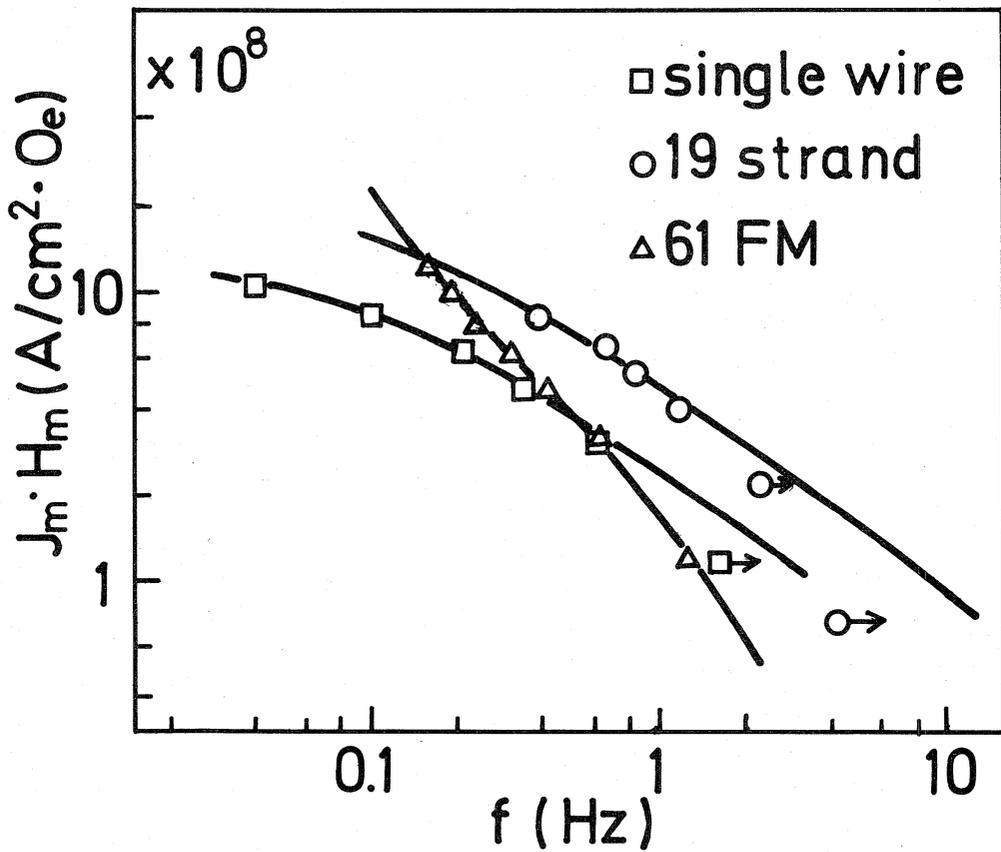
但し、 $d$ : core diameter of superconductor,  $a, b$ : constant parameter

となる<sup>(1)</sup>。Single core wire の core 径と 19 strand wire の core 径の比は  $\sim 3.5$  であり、FM wire の core 径比は  $\sim 6.5$  である。したがって、coupling のない場合、即ち、 $0.2 \text{Hz}$  附近の低周波領域では FM wire が最も大きい  $J_m \cdot H_m$  を示すが、 $1 \text{Hz}$  以上では FM wire が見掛け上の core 径が coupling 電流のため  $0.45 \text{mm}^\phi$  となり、single core wire との core 径比が  $0.55$  となり、最も低い  $J_m \cdot H_m$  となると考えられる。以上のように、従来、AC 機器への超電導コイルの応用線材としては core size のみに注目し、その径を細くすることに重点が置かれていたが、この実験のように  $1 \text{Hz}$  以上では coupling current を少なくする方が重要であることが明らかになった。

参考文献 (1) M.N. Wilson et.al Rutherford Labo. RPP/A73.



☒ 1



☒ 2  $J_m \cdot H_m$  vs. frequency