

超電導線材の特性と交流損失

高工研 小林巖夫 森本喜三夫 石本英彦 和気正芳
鈴木克弘 菅原繁勝 工藤昇

高工エネルギー研では超電導加速器を目標として、パルスマグネットの開発を行なっているが、そのために有望な二種の線材について損失・特性の測定を行なった。一つは日本で盛んに研究されている高磁場用化合物超電導体として期待の大きい V_3Ga ；他は、現在最も開発の進んだ材料とされ、試作第一号マグネットにも使用する予定の $Nb_{90\%}Ti_{10\%}$ 線である。

A) 測定

測定の方法は

- I) 磁きキャンセルしておいて磁場を動かすdynamicな磁化測定
- II) 磁化したサンプルを動かして起電力を積分するstaticな磁化測定
- III) 液体ヘリウム中の蒸発量を測る Boil off 法

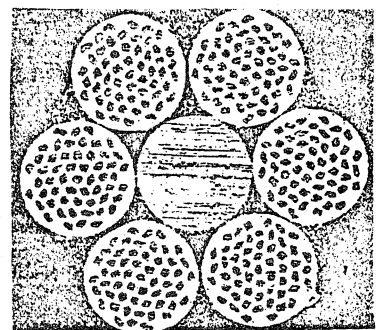
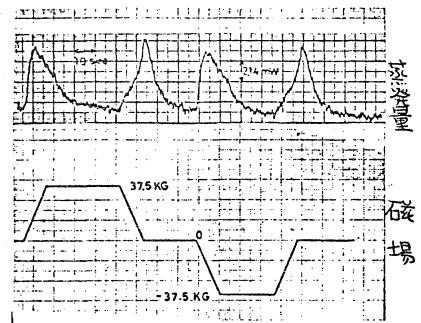
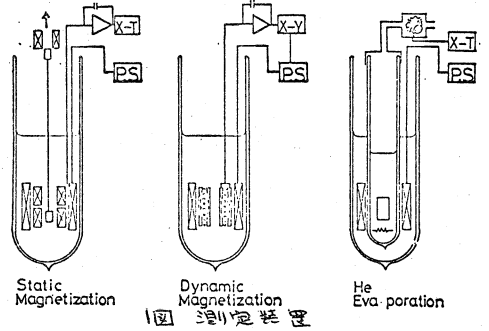
の三方法によ、たがこれらはよく一致している。hysteresis Curveを描かせその面積 $\oint M dH$ で一周期の損失を測る方法はよく行なわれているが、これでは励磁のどの時期にどれだけだけの損失が発生するかを知ることが出来ない。そこでⅢ法で励磁の際の蒸発量の変化を測、てみた。2図はその結果である。磁場の上昇と下降では異なる形を示し、夕ムラを除けばMagnetization Curveに大まかに一致している。

B) V_3Ga

試料(断面写真3図)は、古河電工製のもので、Cu-Ga(19%)中に10 μ m V線を埋め込み、境界で反応させて V_3Ga 層を約1 μ mに形成したものを(2 μ m)を6本W線の周りにstrandした恰好になっている。

4図にI)法によるMagnetization Curveを示すが、円筒導体のF.M.線であるにもかかわらず、 $\delta = 0.5$ $H_a = 2.0 K Oe$ とすることによ、こ、入江理論による計算(実線)と一致させる事が出来る。つまり、このような試料にもSlabに対する

計算が適用出来、又引き抜き時に出来た defect等がline pinになる。こいと云われる合金線と同じくYasukochi Modelが化合物に対しても成り立つことになり興味深い。5図にはⅢ法により測、た損失の励磁速度依存性を示す。pitch 5mmのtwistでEddy Currentロスがほとんど落ちてしま、ているのがわかる。I)Ⅲ法で測、た損失を最高磁場の関数として6図に示す。 $H_a = 2 K Oe$ に符合して3 K Oe 付近に折れ曲りをも、ている。



3図 V_3Ga 断面写真

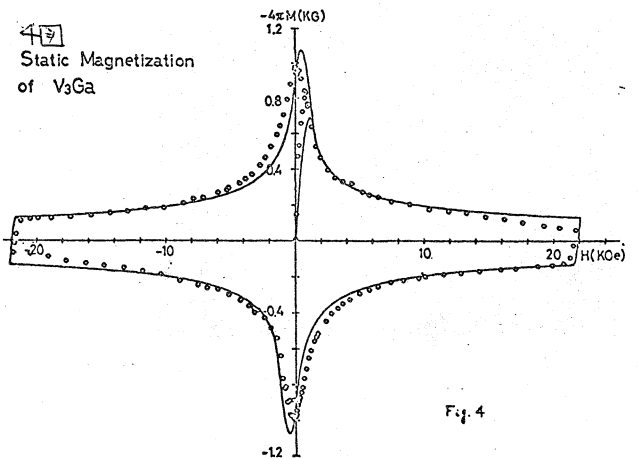


Fig. 4

C) Nb-Ti

NbTi は銅比, 線径, twist pitch を変えて最良のパラメータを決める実験 (中山 et al. JJAP to be published) の結果に基づき作製された (図8)。8.7 μ m の Nb(70%)Ti(30%) 超線 271 本を pitch 5mm で twist し, 0.22 ϕ Cu に埋めこみ $Cu/Sc = 1.36$ に仕上げ, 表面はフルマル絶縁及びボンデクス加工がしてある。9図に I_c 特性を示すが, 50 KOe で 120 A/mm² の overall 電流密度を達成している事になる。我々はこれを 52 本石目織に組み

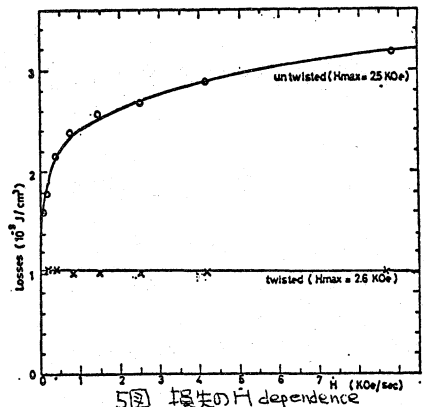
Cable を作, たがその特性は9図のようになっている。実際の Magnet には 138 本編みのものを使う予定である。AC 磁石に関しては, 10 KOe/sec までほとんど変化を示さず, twist 効果は十分である。したが, ロス的大部分は Hysteresis Loss と考えられる。I, II の方法による損失測定の結果を最高磁場の関数として 7 図にかかげる。

d) 結論

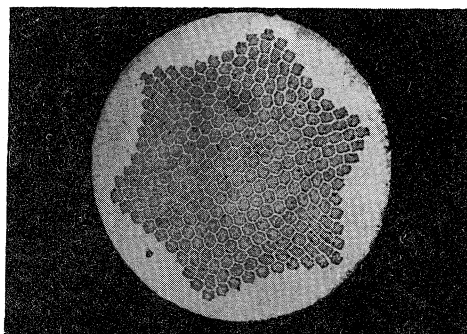
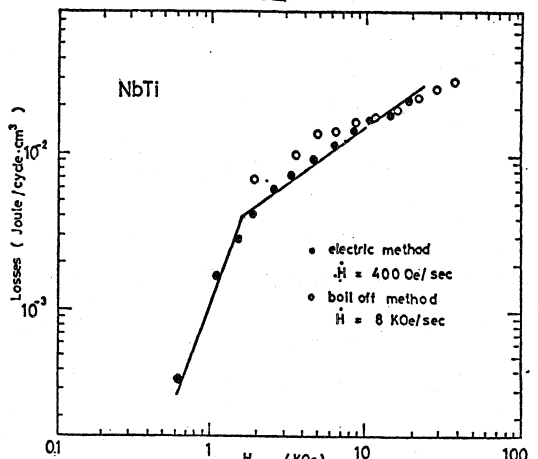
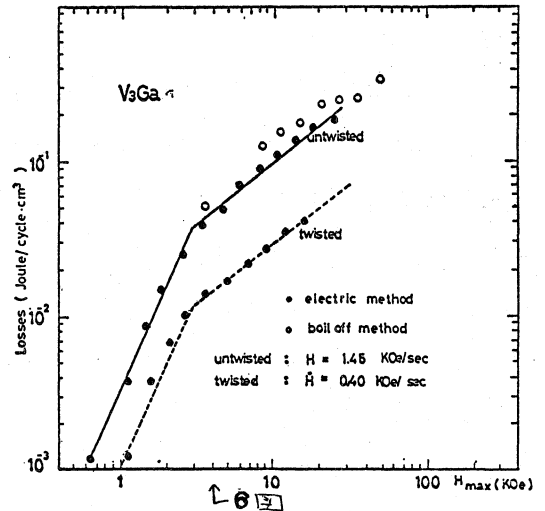
V_3Ga は I_c も高くすぐれた線材ではあるが, 損失に関しては大きな利得はなく, 機械的強度の弱点もあり現段階ではまだ用途上の線材であると云える。一方 NbTi は作製された線材で, パルスダイポールの設計が行なえ, 数 KOe 以上で Operate した場合 Loss (J/cycle cm²) = $2 \times 10^{-3} \Delta H$ (KOe) とする事が出来る。 ΔH は磁場の変化幅である。

e) 謝辞

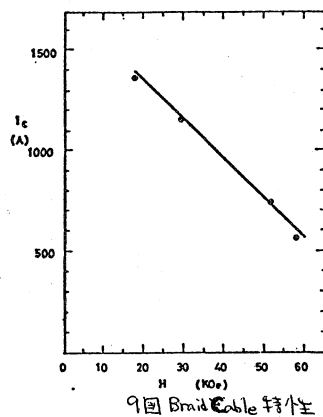
この研究に協力いただいた東芝総研の中山氏に感謝します。線材の製作をしていただいた東芝, 昭和電線, 古河電工の皆様へ感謝します。共通系主幹三浦教授 加速器系主幹西川教授の援助を感謝します。



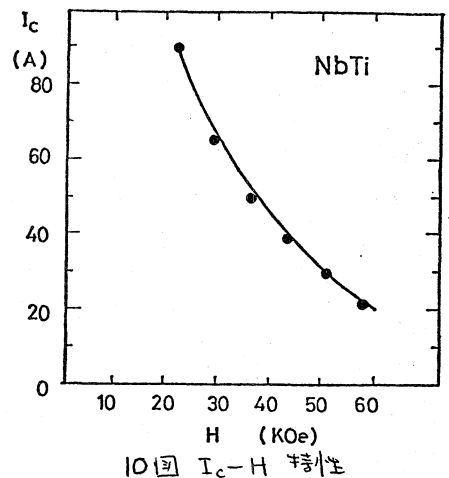
5図 損失のH dependence



8図 Toshiba NbTi 断面写真



9図 Braided Cable 特性



10図 Ic-H 特性