The Japan Society of Plasma Science and Nuclear Fusion Research

01pB01P

超伝導マグネット材料の中性子照射効果（その２）

Fusion Neutron Irradiation Effect on Superconducting Magnet Materials (Part 2)

西村 新[1]、菱沼 良光[1]、妹尾 和威[1]、田中 照也[1]、室賀 健夫[1]、西嶋 茂宏[2]、片桐 一宗[3]、竹内 孝夫[4]、
進藤 裕英[5]、落合 謙太郎[6]、西谷 健夫[6]、奥野 清[6]
核融合研[1]、阪大工[2]、岩手大工[3]、物材機構[4]、東北大工[5]、日本原子力開発機構[6]
NISHIMURA Arata[1], HISHINUMA Yoshimitsu[1], SEO Kazutaka[1], TANAKA Teruya[1], MUROGA Takeo[1], NISHIJIMA Shigehiro[2], KATAGIRI Kazumune[3], et al.
NIFS[1], Osaka Univ.[2], Iwate Univ.[3], NIMS[4], Tohoku Univ.[5], JAEA[6]

核融合実験炉での超伝導マグネットへの核融合中性子照射効果を検討するため、小型冷凍機による極低温下中性子照射装置を導入し、平成16年9月、平成17年3月、平成17年7月の3回の照射試験を行った。その結果を報告する。（1）超伝導線材の照射結果。Nb_3Sn 線材、RHQ 熱処理のみの Nb_3Al 線材、RHQ 熱処理後 Anneal した Nb_3Al 線材を 4.5K に保持し、2回に分けて都合 2.17×10^{20} n/m^2 の 14MeV 中性子を照射した。そして照射後 Tc 測定を行った。その結果を図1に示す。Nb_3Sn 線材、RHQ 熱処理後 Anneal した Nb_3Al 線材では Tc の変化は認められなかったが、RHQ 熱処理のみの Nb_3Al 線材では図に示すように明確な Tc の低下が計測された。Tc は Nb_3Al の A15 組織の規則性と関係しており、規則性が壊されたために Tc が低下したものであると考えられる。長範囲規則性が良く Tc の高いものは、より多くの照射によって劣化が生じるものと思われる。（2）純銅線の照射結果。市販のタフピッチ銅線、無酸素銅線を 4.5K に保持し、14MeV 中性子の照射を行った。一日10時間の照射後、温度を室温にもどすことなく 4.5 K で4端子法によって抵抗を測定した。図2は抵抗値の変化の増分を dpa に対して整理した結果である。dpa への変換は、14MeV 中性子の場合には 3.06×10^{-7} dpa/1.00×10^{19} n/m^2 を、原子炉照射の場合には 3.67×10^{-6} dpa/1.00×10^{19} n/m^2 を用いた[1]。図中の Coltman と Klabunde の結果は参考文献2から引用した。この結果から、純銅の種類や中性子源の種類に関係せず、dpa で抵抗値変化を示すことができることがわかる。（3）その他。CERNOX 温度計は 1.21×10^{20} n/m^2 までの 14MeV 中性子照射でもまだ計測可能である。今後も計測を継続する予定である。InSn ホール素子は照射量に対してほぼ線形に感度が低下する。PtCo、AuFe-クロメル熱電対は 4.65×10^{19} n/m^2 の 14MeV 中性子照射で出力が異常になった。

参考文献：[1] T. Muroga et. al., *Journal of Nuclear Materials* 191-194, pp. 1150-1154 (1992).
[2] H. Weber, H., *Advances in Cryogenic Engineering* 32, (1986) pp. 853-872.

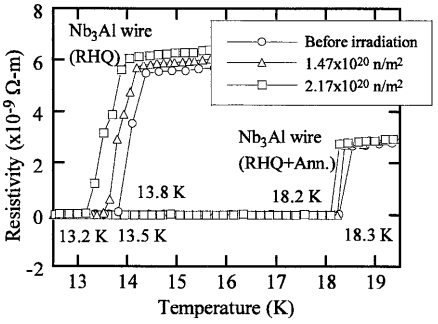

図1. Nb_3Al 線材の 14 MeV 中性子照射による Tc の変化.

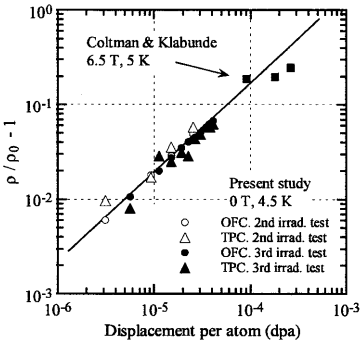

図2. 純銅線の抵抗値変化

01pB02P

Nb_3Al 素線とケーブル・イン・コンジット導体の臨界電流に対する引張り・圧縮歪みの影響

Effects of tensile and compressive strain on critical currents of Nb_3Al strand and cable-in-conduit conductor

木津 要[1]、安藤 俊就[2]、奥野 清[1]、小泉 徳潔[1]、島田 勝弘[1]、妹尾 和威[3]、高畑 一也[3]、玉井 広史[1]、
土屋 勝彦[1]、西村 新[3]、菱沼 良光[3]、松川 誠[1]、三浦 友史[4]、山田 修一[3]
日本原子力研究開発機構[1]、NAT[2]、核融合研[3]、阪大[4]
KIZU Kaname[1], ANDO Toshinari[2], OKUNO Kiyoshi[1], KOIZUMI Norikiyo[1], SHIMADA Katsuhiro[1] *et al.*
JAEA[1], Nippon Advanced Technology[2], NIFS[3], Osaka University[4]

核融合炉用超伝導コイルの候補線材である、Nb_3Sn 及び Nb_3Al 素線は、圧縮歪みにより臨界電流値(I_c)が減少することが知られている。しかしながら、リアクト・アンド・ワインド法(R&W 法)によるコイル製作の開発研究として行われたトカマク国内重点化装置用 Nb_3Al D 型コイルや ITER Nb_3Al インサートコイルでは、熱処理後のケーブル・イン・コンジット(CIC)導体に 0.4%の曲げ歪みを印加したにもかかわらず、曲げ歪みによる I_c の減少は観測されなかった。これは、CIC 導体中の素線の歪みが緩和されたことを示唆している。この結果を踏まえ、本研究は Nb_3Al CIC 導体に印加する曲げ歪みが I_c に及ぼす影響を明らかにするとともに、R&W 法でコイルを製作する場合の許容曲げ歪みを評価することを目的としている。今年度は、導体の曲げ歪みの臨界電流の影響を研究する前段階として、曲げ歪みの実験データの解析に必要な Nb_3Al の引張り歪みによる I_c の変化を測定することとした。

コイルばね状に成形した CuBe 製サンプルホルダーの外表面に Nb_3Al 素線(φ0.74mm)を取り付けたもの(素線サンプル)と、Nb_3Al 素線 2 本、銅線 1 本をステンレス鋼(SS)コンジットに入れた CIC 導体を CuBe 製サンプルホルダーに取り付けたもの(CIC サンプル)を製作した。これらのサンプルの I_c の歪み依存性を、昨年度製作した低温中でサンプルに連続的に異なる歪みを印加できる装置を用いて測定した。

素線サンプルは-0.88%～+0.15%の、CIC サンプルは-0.91%～+0.26%の歪み領域の Ic の測定に成功した。素線サンプルの結果より、Nb_3Al の歪みによる Ic の減少が Nb_3Sn より小さいことを再確認した。図1に素線サンプルと CIC サンプルの臨界電流密度(J_c)の比較を示した。これより、CIC サンプルの歪みによる J_c の減少は素線サンプルより緩やかであることが分かった。これは CIC 導体中の素線の歪みの緩和を示唆している。その緩和効果は、与えた歪み-0.8%に対して少なくとも 0.1%程度であることが分かった。

なお本研究は科学研究費補助金(#16760678)、及び LHD 計画共同研究(NIFS04KOBF007)の補助の元に行った。

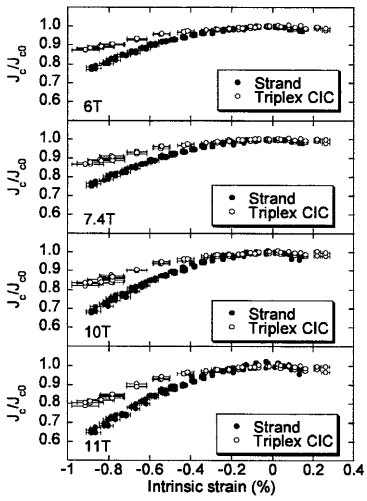

図1. CIC サンプルと素線サンプルの J_c 比較

NII-Electronic Library Service