

中性子照射によるNb₃Sn線材の超伝導臨界曲面の変化 Change in Superconducting Critical Surface of Nb₃Sn due to Neutron Irradiation

西村 新、菱沼良光

Arata Nishimura and Yoshimitsu Hishinuma

核融合科学研究所

National Institute for Fusion Science

ITER TFコイル用Nb₃Sn線材をBR2で原子炉照射し、照射後の臨界特性を東北大学大洗センターで評価した。0.1MeV以上の中性子照射線量は図中に示す通りである。図1に0Kでの有効上部臨界磁場 ($B^*_{c2}(0)$) と0Kでの臨界温度 ($T^*_c(0)$) の関係を示す。照射量の増加に対して、 $B^*_{c2}(0)$ は一旦上昇して低下するのに対し、 $T^*_c(0)$ は単調に減少する。図2に未照射材の臨界電流 (I_{c0}) に対する照射材の臨界電流 (I_c) の比 (I_c/I_{c0}) と中性子照射線量との関係を示す。照射量の増加に対して、 I_c/I_{c0} は一旦向上し、その後低下する。

超伝導特性は量子化磁束のピン止めによって説明される。照射によってピン止め点が増加するため、 I_c は増加する。しかし、照射線量が増えるとA15型結晶が破壊され(アモルファス化され)、 I_c は低下する。 $B^*_{c2}(T)$ はA15型結晶の結晶性の質によって変化する。冶金欠陥と照射による格子欠陥とは本質的に異なるが、適量の格子欠陥が導入されることにより熱処理時の残留内部ひずみが解放され、結晶の質が向上し、 $B^*_{c2}(T)$ は上昇する。しかし、照射線量の増加によって結晶の質が低下し、 $B^*_{c2}(T)$ は劣化する。 $T^*_c(T)$ は量子化磁束がどの温度まで安定してピン止めされることができを示す指標である。格子欠陥の増加によりピン止め力は増加するものの、結晶格子欠陥は、冶金欠陥と異なり、結晶の格子振動に依存してその安定性が低下する。そのため、臨界温度は照射線量の増加に対して単調に低下する。

図3は中性子照射線量の増加に対する超伝導臨界曲面の変化を模式的に示したものである。I、T、Bはそれぞれ、電流、温度、磁場を示す。黒が未照射の状態、青が 1.0×10^{22} n/m²から 5.0×10^{22} n/m²程度照射した状態、赤が 1.0×10^{23} n/m²以上照射した状態を想定している。I-B面を見ると臨界曲面はいったん膨張し、その後収縮する。しかし臨界温度は単調に低下する。

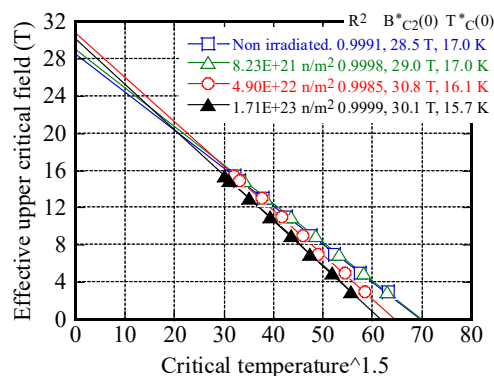


図1 中性子照射による $B^*_{c2}(0)$ と $T^*_c(0)$ の変化

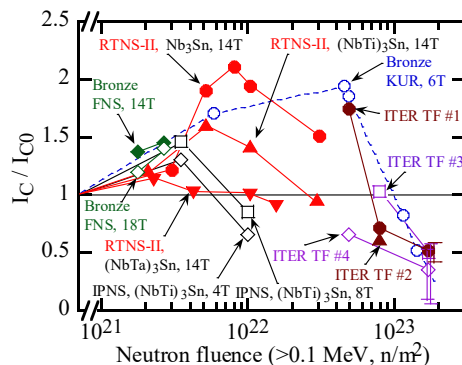


図2 中性子照射線量と未照射材の臨界電流 (I_{c0}) に対する照射材の臨界電流 (I_c) の比 (I_c/I_{c0}) の関係

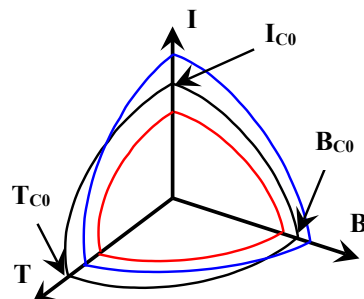


図3 臨界曲面の変化 (中性子線量の増加によって黒から青、赤と変化する)