

課題番号 : 2024A-E15

利用課題名 (日本語) : Cu-Nb 補強による加速器超伝導磁石用 Nb<sub>3</sub>Sn 線材の横圧縮応力に対する高強度化

Program Title (English) : Strengthening against transverse compressive stress by Cu-Nb reinforcement of Nb<sub>3</sub>Sn wires for accelerator magnets

利用者名(日本語) : 菅野 未知央<sup>1)</sup>, 中本 美緒<sup>2)</sup>, 宮下 克巳<sup>3)</sup>, 菖蒲 敬久<sup>4)</sup>, 富永 亜希<sup>4)</sup>

Username (English) : M. Sugano<sup>1)</sup>, M. Nakamoto<sup>2)</sup>, K. Miyashita<sup>3)</sup>, T. Shobu<sup>4)</sup>, A. Tominaga<sup>2)</sup>

所属名(日本語) : 1) 高エネルギー加速器研究機構, 2) 量子科学技術研究開発機構, 3) MK テクノロジーズ, 4) 日本原子力研究開発機構

キーワード : 素粒子物理実験、加速器超伝導磁石、Nb<sub>3</sub>Sn 線材、ひずみ効果

### 1. 概要 (Summary) 目的・用途・実施内容

高エネルギー物理実験ではビーム偏光、収束用の高磁場加速器超伝導磁石が必要とされており、KEK は加速器磁石用の高耐電磁力 Nb<sub>3</sub>Sn 線材の研究を行っている。本実験では、図 1 に示すような安定化 Cu の一部を Cu-Nb 補強層で置き換えた線材[1]について、Cu-Nb 補強層の存在が丸線材の半径方向の圧縮 (横圧縮) 応力下での Nb<sub>3</sub>Sn の内部ひずみ変化に与える影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験(目的,方法) (Experimental)

Cu-Nb 補強層の条件が異なる 5 種類の線材を用意し、図 2 のように BL22XU に整備されている引張試験機で横圧縮応力を負荷した。回折配置は図 3 のような 3 方向とし、エネルギー 69.4 keV の単色光を使用した。2次元検出器で測定したデバイリングを 1次元化した回折プロファイルから応力負荷、除荷状態での Nb<sub>3</sub>Sn の格子ひずみを評価した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

図 3 に結果の一例を示す。この結果から、200~250 MPa までは格子ひずみが応力の増加とともに単調に増加するが、それ以上では Nb<sub>3</sub>Sn の破断によるひずみの緩和が起こっていること、A 方向では最大負荷応力まで格子ひずみが増加し続けていることがわかる。また、除荷後のひずみから、半径方向では 25~50 MP という低応力で永久ひずみが残っており、線材内の金属成分の塑性変形が開始していることが示唆された。これにより、Nb<sub>3</sub>Sn 線材の横圧縮応力負荷における 3 方

向のひずみ変化から構成要素の変形、損傷を観察するという試みに一定の成果が得られた。現在、図 4 で示した線材以外の補強線材についても同様の解析を進めているところである。



図 2. 測定試料

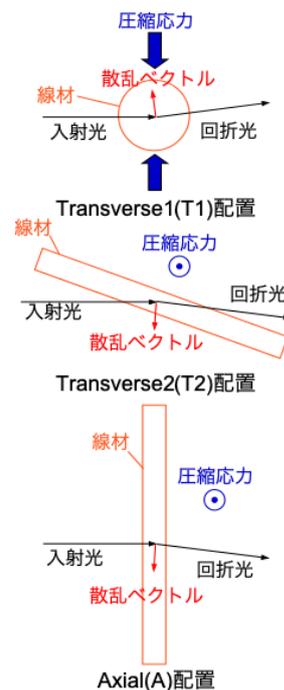


図 3. 回折配置

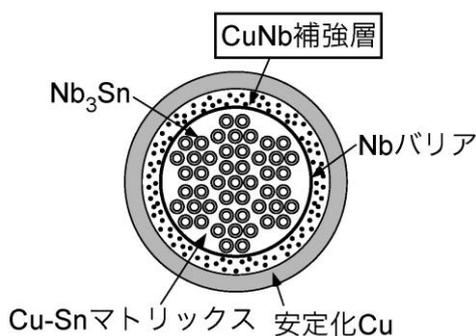


図 1. Cu-Nb 補強 Nb<sub>3</sub>Sn 線材

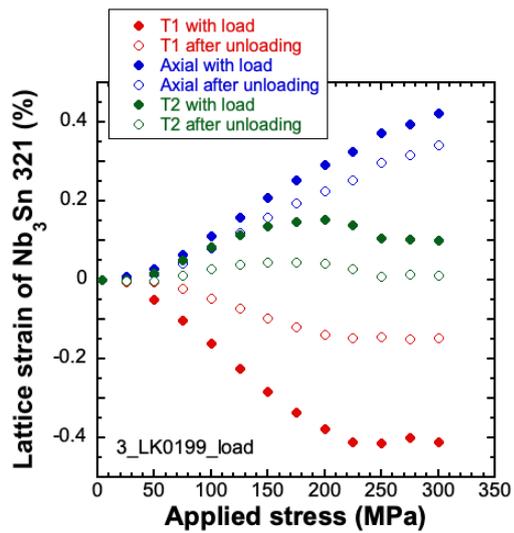


図 4. Nb<sub>3</sub>Sn 格子ひずみの横圧縮応力依存性

#### 4. その他・特記事項 (Others)

[1] M. Sugimoto et al, IEEE Trans. Appl. Supercond. 30 (2020) 6000905.