

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
産業ニーズ対応タイプ 完了報告書(公開版)概要

技術テーマ	:コンパクト中性子源とその産業応用に向けた基盤技術の構築
研究課題名	:「安全で取り扱い容易なコンパクト中性子源のためのターゲット・減速体・ビーム輸送系の研究開発」
プロジェクトリーダー	
機関名	: 国立研究開発法人理化学研究所
氏名	: 山形 豊

1. 研究の目的

- 従来大型加速器を用いた中性子源や原子炉ベースの中性子源を企業が導入することは極めてハードルが高かったが、小型加速器を用いたコンパクト中性子源ではこうした可能性が高まっていると考えられる。X線源と比較した場合、コンパクト中性子源と言えどもその放射化物の生成量や爆発性ガスの使用といった安全面でのハードルは高く、導入は困難であったと言える。本提案課題で開発する低放射化・長寿命ターゲット、メチルベンゼン系減速体を用いた冷中性子源は、こうしたハードルをほぼ消滅させる画期的効果を持つものである。こうした研究開発により、企業等へのコンパクト中性子源の導入が可能な技術的基盤を完成させることを目的とする。

2. 研究成果の創出状況

マイルストーン	達成状況
1-(1)直接接合型ターゲットの開発	2つの手法での接合を確認し、設計を進めている。
2-(1) 常温接合技術の開発	Be-Vの常温接合が可能であることを確認した。
3-(1) 大強度ビームでの実証実験	第2ビームラインが整備され、大強度に向けた準備を進めている。
1-(2) メチルベンゼン冷中性子源の開発	冷中性子の発生を確認し、各種応用を展開した。
1-(3) 集光光学系の開発	集光を確認し、小角散乱実験を実施した。
4-(1) メチルベンゼンシミュレーション手法の開発	新たな散乱カーネルを開発し、シミュレーションの精度を確認した。
4-(2) 集光光学系の高輝度化	傾斜面におけるスーパーミラーコーティングを最適化し、集光実験にて確認している。

3. 今後の展開

(1) 低放射化ターゲットの研究開発

Be-Vをロウ材なしで接合できる基礎技術の開発にはほぼ成功した。このため具体的な加速器施設を想定したターゲットの開発を進める。名古屋大学の静電加速器を用いた小型中性子源が最初の目標であるが、当該施設におけるBNCT用Liターゲットの開発が完了した時点で、試験を開始したいと考えている。また、海外(欧州、米国)においては研究機関や大学においてすでにBe-Vターゲットの導入が進められており、(例:米国イン

デアナ大学、ドイツ:JCNS,フランス:CEA-Saclay)これらの研究開発が進捗すると、世界的に Be-V ターゲットの需要が高まる可能性が高い。このためなるべく早い段階で、金属材料メーカー、金属加工メーカーと協力して様々な特性のターゲットを製造できるよう準備を進めたい。



接合されたBe - V 試料. Ar-FAB 衝撃 2kV, 20mA, 5min. 手で振る程度では剥離しないことを確認。

□ 接着剤などを介さないBe-V低温接合を実現した

□ Beと化学的対角関係にあるAlを用いて接合したV-Al界面では、ビーム衝撃ダメージによる厚さ数nmのアモルファス層を介した密着が確認された

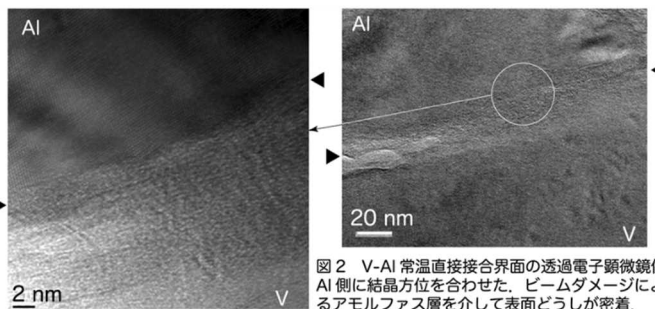


図2 V-Al 常温直接接合界面の透過電子顕微鏡像。Al側に結晶方位を合わせた。ビームダメージによるアモルファス層を介して表面どうしが密着。

図1 Be-V の常温接合技術の開発

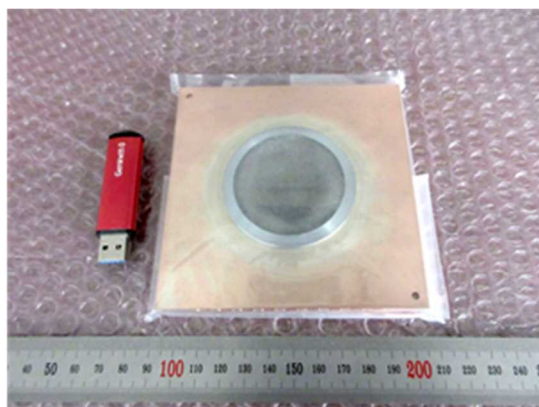


図2 試作された大強度向け Be-V 直接接合ターゲット

(2)安全な冷中性子源の開発

本プロジェクトで開発された冷中性子源は、その性能について複数のグループが評価を行っており、十分実用的であることが確認されつつある。また、比較的取り扱いが容易な有機溶媒と閉サイクル He クライオクーラーを組み合わせているため、減速体の交換が頻繁に行われる理研小型中性子源 RANS においては、迅速に交換可能な引き出し型の冷中性子源としての常用に向けた改造がすすみつつある。

Dual-layered system for efficient cooling

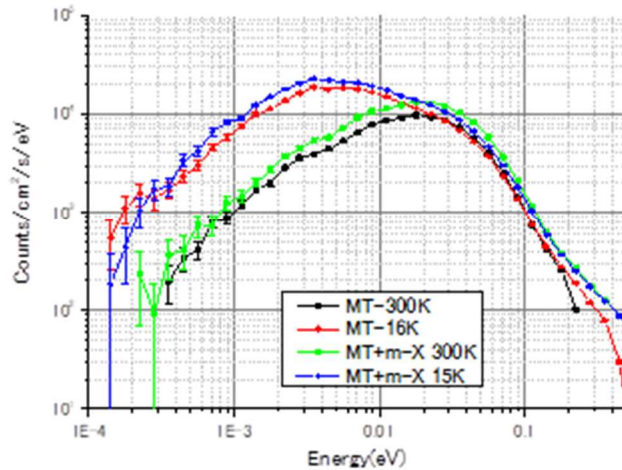
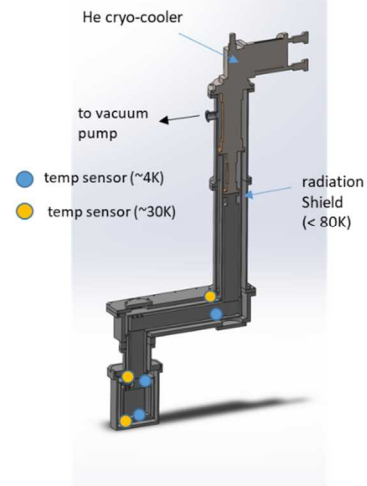


図3 開発されたメチルベンゼン冷中性子源と得られた冷中性子スペクトル

(3)金属基材を用いた中性子集光光学系の開発

金属基材を用いた中性子集光光学系は、2019年9月にプレスリリースされたように、J-PARC 物質生命科学実験施設内の試料水平型中性子反射率計 BL-16(SOFIA)において、標準オプション機能として、認められており、すでにユーザープログラムにて利用されている。このことは、この中性子集光ミラー技術の完成度が十分高まったことを内外にアピールできたと考えており、この結果を受けて、J-PARC/MLF 内の複数のビームラインから中性子集光光学系の検討依頼が来ているだけでなく、海外の研究所からも検討依頼が来ている。こうした状況を踏まえ、現在はミラー基材の超精密加工を理化学研究所が、中性子スーパーミラー成膜を京都大学複合原子力科学研究所が分担しているが、これらの作業を民間企業に技術移転し、多数の中性子集光ミラーの製作需要にこたえるべく準備を進めている。

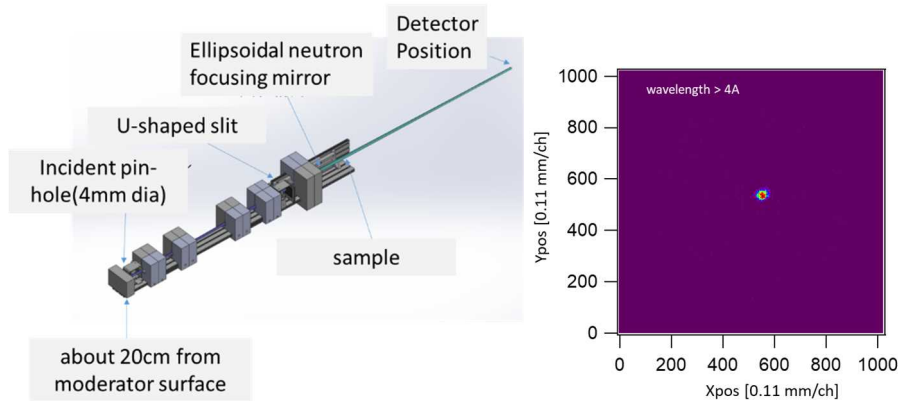


図4 300mm 回転楕円中性子集光スーパーミラーを用いた集光システムと中性子集光実験結果

以上