



平成 28 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】

ポータブル中性子構造解析技術に関する調査研究

【整理番号】

TK16-06

【代表機関】

産業技術総合研究所

【調査研究代表者(氏名、連絡先 TEL & Mail)】

藤原健、029-861-3146、fujiwara-t@aist.go.jp

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

高エネルギー加速器研究機構 猪野 隆

東京大学 三津谷有貴

物質材料研究機構 長谷 正司

【TIA 外連携機関】

【報告書作成者】

藤原健

【報告書作成年月日】

2017 年 4 月 20 日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

自動車用最先端鋼板やリチウムイオン電池開発、機能性材料開発など、中性子を用いた構造解析は先端開発に必要な不可欠なものとなっている。しかし、その利用は主に J-PARC といった大型施設に限られているため、近年、世界的に屋外やラボベースで利用可能な小型加速器ベース中性子装置の実現が期待されている。そこで、ポータブル中性子発生技術と、それと組み合わせる中性子計測技術の調査を行い、ポータブル中性子構造解析技術開発の足がかりとした。

中性子は物質の内部構造の「探索子(プローブ)」として J-PARC などの大型施設での利用を中心に先端材料開発での利用が高まっているが、プローブとしてのユーザビリティは X 線のそれとは程遠く、ラボ X 線分析装置のように小型中性子源がラボ単位で利用可能なプローブになることが強く望まれる。小型中性子源自体の開発は我が国が先導的に進めてきており、今後学術利用のみならず産業界への普及が見込まれる。一方、現状の中性子計測手法は J-PARC での利用を主として開発されたものが多く、小型中性子源に最適なものとなっていない。本調査研究の「ポータブル中性子構造解析技術に関する調査研究」は、小型中性子源を産業利用等、社会一般に普及させるための調査研究である。具体的には、J-PARC などの大型施設と比較して、小型中性子源は中性子強度・測定ジオメトリー・時間構造も大きく異なるため、現状の中性子計測手法のシーズ技術、中性子計測ニーズ・測定手法を調査し、小型中性子源の利用に主眼を置いたポータブル中性子構造解析技術開発の基盤を構築した。

国際会議発表 2016 年 11 月

IEEE Nuclear Science Symposium

“High Resolution Scintillating Glass GEM Detector”

Takeshi Fujiwara

, 1National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan



国際会議発表 2017年4月

CLES/LANSA-POS-01

“Development of a FRP system which is a two-dimensional position-sensitive neutron detector”

Setsuo Satoh, High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Japan

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

J-PARC を中心に中性子の学術・産業利用が盛んになってきており、中性子を用いた構造解析装置への要望は高まってきてはいるが、調査研究では予算と時間が限られていることもあり中性子検出器を中心に調査と開発研究を行った。

TIA 連携では小型中性子源用に主に3つの検出器開発と構造解析技術を開発し、一定の成果が得られた。

・マイクロストラクチャ型ボロン検出器

J-PARC や ESS、小型中性子源など国内外で加速器中性子源の開発が進められており、それに伴い新たな中性子検出器へのニーズが高まっている。これまでは He-3 をベースとした検出器が主流となっており、比例計数管や MWPC などを用いた測定が一定の成果を上げてきている。しかし、He-3 は自然界にほとんど存在せず、供給は今後増える見込みもなく、2024 年に完全にストップすると言われている。そこに追い打ちをかけるように、昨今のホームランドセキュリティにおいての中性子検出器需要の急騰が起こり、世界中で深刻な He-3 不足に陥っており、新規に He-3 検出器をすることはもはや不可能である。

このような背景から、今後の中性子科学の発展のためには He-3 を使用しない検出器の開発が急務となっており、我々はボロン膜に微細構造を施した画期的なマイクロストラクチャボロンコンバータの開発を開始した。

・積層型 ZnS シンチレーション検出器

- 小型中性子源で使いやすい検出器の開発
- 検出効率を重視
- ZnS/LiF シンチレータを多層化し、中性子検出効率が He3 検出器に比べ、熱中性子で 80%程度得られる技術が確立したので、これを応用した位置 2 次元検出器を模索する
- 1 枚のシンチレータを、片面ずつ X 軸用ファイバーと Y 軸用ファイバーで挟み込む検出効率に特化した新しい検出器である

・中性子フラットパネルディテクタ

フラットパネルディテクタは、リアルタイムで読み出し可能なデジタルイメージングセンサであり、従来のラジオグラフィで用いられていた中性子フィルムや中性子イメージングプレートに比べ、大幅なスループット向上が見込める。フラットパネルディテクタはすでに X 線では広く利用されており、高いスループットが要求される全数検査、3D CT など産業界では今や必須の検出器となっている。本研究では我々はコンパクト中性子源における中性子の低フラックスという課題を検出器の 大面積化・検出効率の向上・アクティブ受光素子による高感度化 という3つのアプローチをとることで解決に取り組んだ。試作した検出器は J-PARC で試験し、世界で初めて中性子 FPD でのラジオグラフィとコーンビーム CT に成功した。

本研究では X 線と中性子で比較データの取得にも成功し、これらをデモデータとして産業利用に向けた資料としてまとめている。

【今後の予定】

中性子という世界最先端のプロープをラボ単位で入手・利用可能にすることが本調査研究の取り組みの最終的な目標である。我が国の研究機関・企業が他国に先駆け新しいプロープを手に入れるこ



とは、学術・産業の国際競争力が飛躍的に向上することと期待される。そのためには中性子計測のニーズを持つ機関とシーズを持つ機関が密接に連携することが不可欠であり、本調査研究を皮切りにTIAの4機関を中心とした国内の中性子計測手法開発の協業・共創体制を構築することができた。

その結果、産総研、KEK、NIMS、理研と合同で、NEDO プロジェクト「革新的新構造材料等研究開発」
研究開発テーマ1：「中性子等量子ビームを用いた構造材料等解析技術の開発」
研究開発テーマ2：「構造材料用接着技術の開発」
に係る公募に対し提案に繋がり、TIA かけはしの主要メンバーが参画する、平成29年度の新しいNEDO プロジェクトとして採択された。

これは構造解析用に新たに小型中性子源を設計・建設し、1) 中性子等量子ビームを用いた組織解析手法の確立、2) 構造材料解析に適した次世代小型中性子等量子プローブ解析装置の新規開発、3) 新小型装置と既存小型装置の利用ネットワークの構築、を技術的なポイントとする。テーマ2では、革新的構造材料用の高信頼性接着接合技術を得るための、1) 接着メカニズムの解明、2) 新規接着剤、3) 強度・耐久性評価法、4) 表面処理法、5) 接合部検査手法、の開発を一体で研究することを技術的なポイントとしており、まさに本調査研究で構想していたコンパクト中性子構造解析装置の実現に向けて大きな一歩を踏み出した。

以上。