

高機構研発第309号

平成26年 3月13日

大阪大学大学院理学研究科 青木 正治 殿

大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所長

山田 和 芳



平成26年度高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所
ミュオン共同利用S型実験課題の審査結果について（通知）

先に申請のありました下記について、二次採択と決定しましたので通知します。

記

課題番号 2011MS03

実験責任者 大阪大学大学院理学研究科・准教授 青木 正治

実験課題名 RCSからのパルス陽子ビームを活用したミュオン電子転換過程の探索実験

技術評価報告

荷電レプトンフレーバーは標準理論において保存されており、これを破る物理過程の発見は標準理論を超える新しい物理が存在することの明確な証拠となる。本研究は、荷電レプトンフレーバー保存則を破る過程である原子軌道上のミュオン・電子 (μ -e) 転換反応を、新しい着想に基づく方法で短期のうちに、現在の実験上限値よりおよそ2桁高い最終感度で探索することを目指している。なお、同様の過程をこれよりさらに高い感度で探索する J-PARC COMET 実験 stage 1 の装置建設が開始された。また FNAL でも Mu2e 計画が検討されている。本実験課題は目標到達感度においてこれら2実験計画に及ばないものの、まさに現在の実験限界を超えた新しい探索領域を切り開くものであり、探索の結果が標準理論を超える物理に重要なインパクトを与えうることを考えればその実施は十分に意義の高いものであると認められる。しかしながら、その遂行の時期が非常に重要であることを念頭に置く必要がある。

この探索を実現するために、陽子ビームの標的中に生成した負ミュオンをそのまま止め、標的中の原子軌道に捉えて（ミュオン原子の生成）そこで起こる μ -e 転換反応の事象を、下流に設置した電子スペクトロメータを用いて検出する。この過程で出される電

子は、競合する軌道上ミュオン崩壊からの電子にくらべて高い運動エネルギーを持つことをもって後者と区別される。

本実験計画は平成 22 年 1 月の一次審査で採択され、これまでに、i) 電子スペクトロメータ電磁石と飛跡検出器の設置、ii) 陽子ビームのリング非取出し時における陽子飛来（アフタープロトン現象）の確実な抑止とそのモニター法の確立、iii) 軌道上ミュオン崩壊への分岐を押さえて実験効率を上げるためミュオン生成標的を従来のグラフィイトより原子番号の大きな元素シリコンを含む SiC に転換することの検討、iv) 標的から出されるミュオン転換電子を効率よく検出系へ導く大立体角キャプチャソレノイドの設置、v) 陽子ビーム照射時に標的から出される荷電粒子由来のノイズを除去するためのプロンプトキッカーの導入、vi) 必要な実験装置・機器、人的資源等を措置するための資金確保、等の課題について順次検討・措置が進められてきた。その結果、前回（平成 25 年 1 月）の技術評価の時点ではこれらの課題の多くが解決され、残る課題として

1) SiC 標的の導入による下流陽子ビームラインと他ミュオンビームラインへの影響の検討

2) プロンプトキッカーの措置が挙げられた。

これに対して、今回の技術評価分科会に提出された報告およびヒアリングでは以下のことが明らかとなった。1) について、陽子ビームグループおよびミュオン施設グループと共同で詳細な検討を進めた結果、懸念された下流陽子ビームラインの放射線遮蔽の問題、中性子生成標的への影響、陽子ビームライン電磁石の放射線損傷の可能性、冷却水の放射化の問題については、技術的な解決策がみいだされつつある。しかしながら、SiC 標的の開発には、更なる時間とマンパワーが必要であり、また、その設置の可否に関しては、今後、MLF 施設側と十分な協議を進めるとともに、再度本分科会で評価を行う必要がある。このため、本課題遂行にあたっては、当初からの SiC 標的の導入を見合わせ、グラフィイト標的で物理測定を開始するとの方針転換を行っている。2) のプロトンキッカーについてはその調達予算の確保が困難と判断し、その設置を断念した。これに代わり、陽子ビーム照射時の標的からの高係数率ノイズ（プロンプトバースト）への対策として、飛跡検出器のアノード電圧をビーム照射のタイミングに合わせてスイッチングする方法を採用することとした。このためのアノード電圧切り替え回路を設計して原理検証実験を実施し、また KURRI で行った大強度ビームテストの結果と合わせて、プロンプトキッカーを用いずに飛跡検出器を動作させることが原理的に可能であることを確認している。

1) についての方針転換は、それによって探索領域を現在の実験上限値の 2 桁下との提案当初の目標から、約 1.5 桁下へと妥協を余儀なくされるものの、本課題の物理成果への到達時期が大変重要であって COMET stage 1 計画が物理測定に入る 2016 年までに成果を得ることを目標とすべきであることに鑑みれば、妥当な判断であろう。引き続き SiC 標的の開発は進められることを期待するが、当面 1) の課題はなくなったと判断される。2) のアノード電圧スイッチングの導入によるプロンプトバースト効果の除去については、原理的な見通しが立っているものの、最終的には実際の検出器に実装し実測定時

のプロンプトバーストに相当する計数率でノイズ耐性テストを行う確認実験が必要である。ただし、この指摘事項は本課題が実際に実験準備を開始する妨げとはなっていないと判断できる。

以上、本実験装置技術評価分科会は、本実験課題の実現に必要な装置設備、計測技術、人員体制について十分な検討と建設・整備が進められた結果、実験準備を開始してよい段階にあり、二次採択としてよい、との結論に達した。