

J-PARC MLF ミュオン S1 実験エリアにおける元素戦略電子材料研究

KEK 物構研¹、KEK 物構研構造物性センター²、総研大³、
小嶋健児^{1,2,3}、平石雅俊^{1,2}、李華¹、岡部浩孝^{1,2}、幸田章宏^{1,2,3}、門野良典^{1,2,3}、村上洋一^{1,2,3}
kenji.kojima@kek.jp

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 構造物性センター（KEK 物構研 構造物性センター）では、東工大元素戦略の副拠点として元素戦略物質の放射光・中性子・ミュオン測定を行い、物質開発を担う東工大拠点にフィードバックをかけるべく測定・研究を行っている。その中で特にミュオンに関しては、J-PARC MLF の第 1 実験ホール S1 実験エリアに物構研ミュオン S1 型課題[1]の枠組みで、元素戦略電子材料の資金援助を受けてミュオンスピン緩和（ μ SR）分光器を設置した。これは、第 2 実験ホールの D1 実験エリアに設置されている μ SR 分光器[2]と同型で、様々な試料環境を両者の間で共有出来る設計となっている。S1 実験エリアは、2015 年 11 月 10 日にファーストビームの報告を行い[3]、引き続きビームライン調整を行っていたが、11 月 20 日の中性子源トラブルで MLF 全体が停止してしまった。当初の予定より 2 年近く遅れてはいるが、2016 年 2 月下旬の MLF 再開を待って、再びビームライン調整と引き続き分光器調整を行い、2016 年度（平成 28 年度）の実試料測定を予定している。

なお、MLF が利用できない間、元素戦略物質のミュオン測定は主に外国の施設で行い、研究が滞らないようにしている。ミュオンの特性としては以下の 3 つがある

- (1) 磁性プローブ：波数空間積分された、超高感度の磁性プローブとして磁性相図の作成に威力を発揮し、例えば、鉄砒素系超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{H}_x$ の水素ドーピング下の磁気相図はミュオンを用いて作成された [4]。
- (2) 超伝導磁場侵入長測定プローブ：数十～数百ナノメートルの薄膜超伝導体において、超伝導マイスナー効果の磁場侵入長 λ を直接測定する手法として、超低速ミュオン (J-PARC) や低エネルギーミュオン (PSI) が有用である。例えば、ゼロドーピング銅酸化物薄膜の超伝導性を検証した [5]。
- (3) 物質中の水素状態のプローブ：陽子の同位体である正ミュオンを物質中に導入することにより、希薄極限の水素の荷電状態（中性水素 H^0 と正負荷電状態 H^\pm ）を明瞭に区別できる。特に、地球内部のシリコン酸化物高圧相に中性水素状態が存在しうること [6]、水素覆毒の影響の少ないアンモニア触媒として有効な C12A7 カゴ状エレクトライドのカゴ内に水素が水素化物イオン H^- の形で存在すること [7]などを示している。

[1] 平成 26, 27, 28 年度物構研ミュオン S1 型課題申請書 (2013-MS01)

[2] K.M. Kojima *et al.* J. Phys. Conf. Ser. **551**, 012063 (2014).

[3] 物構研トピックス 2015 年 11 月 10 日「S ラインにてミュオンビームを確認」

<http://www2.kek.jp/imss/news/2015/topics/1110s-muon/>

[4] M. Hiraishi *et al.* Nat. Phys. **10**, 300–303, (2014).

[5] K.M. Kojima *et al.* Phys. Rev. B **89**, 087203(R) 1–4, (2014).

[6] N. Funamori *et al.* Sci. Rep. **5** (2015) 8437.

[7] M. Hiraishi *et al.* submitted to PRB (2015); R. Kadono この会議の講演(1/22 14:00-14:20)。