

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：82121

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K21149

研究課題名（和文）負のミュオン素粒子を用いた固体内イオン拡散の解明

研究課題名（英文）negative muon spin spectroscopy for ion diffusion measurements

研究代表者

杉山 純（SUGIYAMA, Jun）

一般財団法人総合科学研究機構・中性子科学センター・特任研究員

研究者番号：40374087

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：固体内で「核磁気を有するイオン」の拡散を検出する手法に、正電荷のミュオン素粒子を使うミュオンスピン回転緩和（muSR）法がある。物質に打ち込まれた正ミュオンは格子間位置に止まり、イオン拡散に伴う核磁場の揺らぎを検出する。しかし高温では、物質によらず正ミュオン自身も拡散するので、状況は複雑となる。一方、負電荷のミュオン素粒子は、結晶格子を形成する原子に捕獲され、その位置で高温まで安定である。従って、正負ミュオンの両方で、同様な核磁場の揺らぎが検出されれば、その原因はイオン拡散と決定できる。そこで代表的なLi電池材料中の拡散挙動を正負のmuSRで調べ、イオン拡散を検出していることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

固体中のイオン拡散を測定する手法として提案されたミュオンスピン回転緩和法について、ミュオン自身が拡散している可能性を、負のミュオン素粒子を用いて検証した。典型的なLiイオン電池の正極材料については、Li<sup>+</sup>が正ミュオンより動的なこと、つまりLi<sup>+</sup>が拡散していることを示した。これにより、拡散係数を性能指標とした異なる材料間での優劣比較が可能となった。今後開発が進むであろう「全固体電池」においては、固体中のイオン拡散が電池性能を決める。ミュオンスピン回転緩和法が、現行および将来電池の開発に重要なツールとなると期待している。

研究成果の概要（英文）：In order to study ion diffusion in solids, a positive muon spin rotation and relaxation (muSR) technique has been developed through the observation of the fluctuating internal nuclear magnetic field caused by ion diffusion. However, positive muons also start to diffuse at high temperatures in any solids, leading to difficulty to extract information on ion diffusion. On the contrary, a negative muon implanted into solids is captured by nuclei so as to form a muonic atom. Such muonic atom is immobile up to the decomposition temperature of the solid, besides the negative muons captured by diffusing ions. Therefore, when both positive and negative muSR provide a dynamic behavior with a similar thermal activation energy, it is evidenced that not muons but ions are diffusing. Using such complementary mu<sup>+</sup>-SR techniques, we have studied diffusion species in three typical electrode materials for Li-ion battery and found that Li is more mobile than positive muon.

研究分野：固体物理、固体化学

キーワード：ミュオンスピン回転緩和 正ミュオン 負ミュオン イオン拡散 電池

1. 研究開始当初の背景

各種電池で電荷輸送を担うのはイオンなので、イオンの動き易い物質が電池材料として利用されている。イオンの動き易さの指標は拡散係数であるが、これには大別して、化学拡散係数  $D^C$  と自己拡散係数  $D^J$  の2種類がある。前者は濃度勾配によるイオン流を記述するパラメータで、フィックの法則で定義される。一方、後者は熱エネルギーによるイオンの隣接位置への跳躍を記述するパラメータである。両者は熱力学パラメータ  $\Theta$  を介して：

$$D^C = \Theta D^J \tag{1}$$

の関係で結ばれている[1,2]。従って、 $D^C$  か  $D^J$  と  $\Theta$  が分かれば、対象物質内でのイオンの拡散挙動を知ることができる。 $D^C$  については、対象物質と拡散するイオンの金属対極で半電池を組んで、電気化学的手法で測定される。例えばリチウムイオン電池の正極材料である  $LiCoO_2$  の場合、 $LiCoO_2$  粉末と結着剤と導電助剤を加えた混合体をアルミ箔に塗布した電極と  $Li$  金属対極の半電池を測定に用いる。しかし、フィックの法則から導かれるコットレルの法則によると[3]、電気化学的手法で得られるのは、 $D^C$  ではなく  $D^C \times A^2$  である。ここで  $A$  は反応面積である。しかし電解液中の混合体電極の  $A$  を求めることは極めて難しく、通常は電極の幾何学的面積  $A_g$  で代用する。得られる化学拡散係数は、見かけの化学拡散係数  $D^{C,app}$  と呼ばれ、 $D^C$  との間には：

$$D^{C,app} = D^C (A^2 / A_g^2) \tag{2}$$

の関係がある。問題は  $A \gg A_g$  であり、かつ  $A$  が電極作成法や電極の濡れ性、電解液の種類、充放電深度等で変化することである。すなわち、電気化学的手法で得られる  $D^{C,app}$  では、異なる材料間ではもとより、同じ材料でも充放電深度が異なると、共通の拡散指標として使えない。なお  $\Theta$  も半電池の充放電曲線から求まるが、導出に反応面積は関与しない[4]。

そこで我々は正ミュオンスピン回転緩和法 ( $\mu^+SR$ ) を用いて、核磁場を有するイオンの拡散で誘起される内部磁場の揺らぎを検出して、 $D^J$  を測定することを試みた[5]。同様の原理で、核磁気共鳴 (NMR) 法により、磁性元素を含まない物質中の  $D^J$  は測定されている。しかし上記の  $LiCoO_2$  を始めとする正極材料は  $Li$  や  $Na$  と遷移金属の複合酸化物なので、正極材料中のイオン拡散測定に NMR を利用できない[6,7]。NMR 測定では核スピンを揃えるために高磁場印加が必須なので、イオン拡散によるスピン格子緩和率の変化を、常磁性元素による核スピン緩和が覆い隠してしまうためである。

世界4ヶ所の  $\mu^+SR$  施設では、100%スピン偏極したミュオンビームを供給している。すなわち、外部磁場を印加することなく、つまり零磁場中で、物質の内部磁場とその揺らぎを測定できる。さらに核磁場と同程度、通常は 10 Oe 程度、の外部磁場をミュオンスピンの方向と平行に印加することにより、核磁場による緩和を打ち消すことができる[8]。これを縦磁場による核磁場のデカップリングと呼ぶ。一般に常磁性元素による内部磁場は核磁場より桁違いに大きいので、常磁性元素が共存する物質中でも、縦磁場測定を併用して核磁場の大きさを見積もることができる。このため、 $\mu^+SR$  により多くの電池材料中のイオン拡散挙動が測定されるようになった。各  $\mu^+SR$  施設のビーム強度の増加[9,10]や多素子小型検出器の進展[11]により、1スペクトル当たりの計測時間も短縮されてきた。これを利用して、in situ  $\mu^+SR$  測定[12]やオペランド  $\mu^+SR$  測定[13-15]も可能となった。

2. 研究の目的

物質に打ち込まれた正ミュオン (+1 価、スピン 1/2) は、質量 1/9 の軽い陽子として振る舞い、物質内の最もポテンシャルエネルギーの低い位置に静止する。酸化物中では酸素近傍である。静止位置での内部磁場に応じて、正ミュオンのスピンは歳差回転する。正ミュオンは平均寿命 2.2  $\mu s$  で崩壊して、崩壊時のスピン方向に選択的に陽電子を放出する。数百万程度の崩壊陽電子の時間空間分布を測定することにより、内部磁場によるミュオンスピンの回転・緩和挙動を知ることができる。

どのような物質中でも、高温になると正ミュオン自身が拡散し始める。すると移動する測定基点から拡散するイオンの内部磁場を視ることになる。そのよう場合の  $\mu^+SR$  スペクトルの解析法はまだ開発されていない。つまり現状の解析法の範囲では、正ミュオンが静止していることが重要である。これを保証するために、負ミュオンを利用する。

表1に示すように、物質に打ち込まれた負ミュオン (-1 価、スピン 1/2) は、質量 200 倍の重い電子として振る舞い、原子に捕獲されて「ミュオン原

表1： $\mu^+SR$  と  $\mu^-SR$  の比較。Zは捕獲核の原子番号。

	$\mu^+SR$	$\mu^-SR$
物質内の挙動	軽い陽子	重い電子 →(Z-1) 不純物
位置	格子間	格子位置
スピン偏極	100%	15%以下
非対称性信号	0.24	<0.04 →高統計測定が必要
$\mu$ の寿命	2.2 $\mu s$	<2.2 $\mu s$ 捕獲原子核による
$\mu$ は拡散するか	高温では○	×
局所歪みは	○	○
1条件の測定時間	1時間	20-40時間
必要な試料量	0.1 - 0.2 g	10 - 20 g

子」を形成する。捕獲率はほぼ原子番号に比例するので[16]、軽いLiに捕獲される割合は小さい。ほとんどの負ミュオンは遷移金属か酸素に捕獲される。ここで原子番号20以上、つまりSc以降の元素に捕獲された負ミュオンの寿命は短過ぎて[17]、解析に必要な統計量を貯めることが測定時間の観点から現実的でない(図1)。すなわち利用できるミュオン原子は $\mu\text{C}$ 、 $\mu\text{O}$ 、 $\mu\text{Mg}$ 、 $\mu\text{Si}$ 、 $\mu\text{S}$ 、 $\mu\text{Ca}$ なので、 $\mu\text{SR}$ 測定の対象を、酸化物・リン酸塩・硫酸塩・有機物等に限定する。さらに核磁気モーメントを有する核に捕獲された $\mu$ のスピンは核スピンの超微細結合状態を形成するので、周囲の核磁場を視るのに不適である。

「ミュオン遷移金属」や「 $\mu\text{O}$ は結晶格子を形成しているので、物質の分解温度付近まで安定である。すなわち拡散種以外の元素に捕獲された負ミュオンを使えば、固定視点から内部磁場の揺らぎを観測できる。従って、 $\mu\text{SR}$ と $\mu^+\text{SR}$ で視る内部磁場の熱活性化エネルギーが同等であれば、両者はイオン拡散をとらえていると結論できる。一方、正ミュオン拡散の熱活性化エネルギーは、ミュオンの量子効果の影響もあり、かなり低くなることが知られている。これを実証するために、典型的な結晶構造の電池材料について、 $\mu\text{SR}$ と $\mu^+\text{SR}$ により内部磁場の揺らぎの温度依存性を調べる。これが本研究課題の目的である。

負ミュオンについても、ほぼ100%スピン偏極したビームが供給されている。しかし、物質内で静止するまでに、負ミュオンスピンの偏極度は1/6程度まで減少する[18,19]。このため、 $\mu\text{SR}$ スペクトルの振幅、つまり非対称性も、 $\mu^+\text{SR}$ の場合の1/6以下に減少する。つまり $\mu^+\text{SR}$ と同等の精度のデータを得るためには、 $\mu\text{SR}$ の測定統計を $\mu^+\text{SR}$ の36倍以上に上げる必要がある。これは $\mu\text{SR}$ 測定に多大の時間が必要となることを意味する。そこで、貴重なビームタイムを有効活用するため、 $\mu\text{SR}$ で拡散種を決め、 $\mu^+\text{SR}$ で拡散挙動の詳細を求める、統合的 $\mu\text{SR}$ 測定を行う。

### 3. 研究の方法

イオン拡散の測定に利用できる負ミュオンビームを供給するのは、パルスミュオンビーム施設であるJ-PARCと英国のISISである。直流ミュオンビーム施設であるカナダTRIUMFとスイスPSIは、イオン拡散測定に必要な遅い時間(15-20 $\mu\text{s}$ )領域までの観測には不適である。

負ミュオン発生数は陽子ビームエネルギーと共に増加するので、 $\mu\text{SR}$ の計数速度を上げると、負ミュオンの運動量も大きくなる。そのような高運動量の負ミュオンを試料中に止めるためには、1-2 g/cm<sup>2</sup>程度の飛程が必要となる。そこで、専用の銅製の試料ホルダーを製作した(図2)[20]。試料空間は36 mm径で12 mm深さである。このホルダーをクライオスタット(マイクロスタット、Oxford)の先端に取り付け、通常 $\mu^+\text{SR}$ 測定系で $\mu\text{SR}$ を測定した。

$\mu\text{SR}$ 測定には10-20 gの試料量が必要なので、主に市販品を測定に用いた。一部の試料は物材機構にて合成された。

### 4. 研究成果

#### 4-1. Li金属の測定[21]

$\mu\text{SR}$ スペクトルは各ミュオン原子からの信号の総計となる。複合酸化物の場合は、主に $\mu\text{O}$ からの信号を解析するが、構成元素のミュオン原子中では最も長寿命となる $\mu\text{Li}$ (図1)からの信号の寄与を知ることが重要である。特に遅い時間領域では、長寿命の $\mu\text{Li}$ の寄与を無視できなくなると予想される。そこで金属Li(<sup>6</sup>Liと<sup>nat</sup>Li)を図2に示す試料容器に充填して、横磁場127 Oe、室

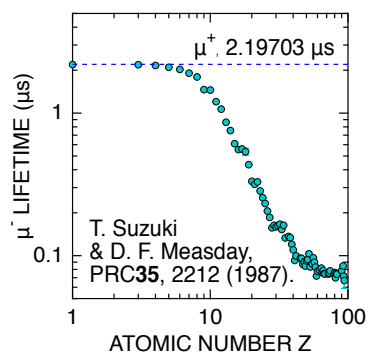


図1：捕獲核の原子番号と $\mu$ の寿命の関係[17]。

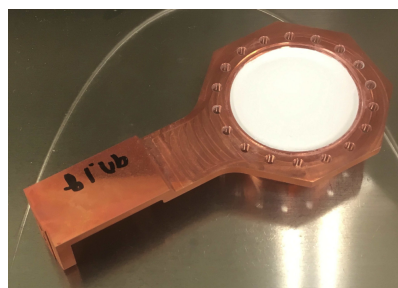


図2： $\mu\text{SR}$ 測定用の銅製の試料容器[20]。Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>の白色粉末が充填されている。試料空間は、36mm径×12mm深さで、充填密度1g/cm<sup>3</sup>の試料の場合約12g必要である。

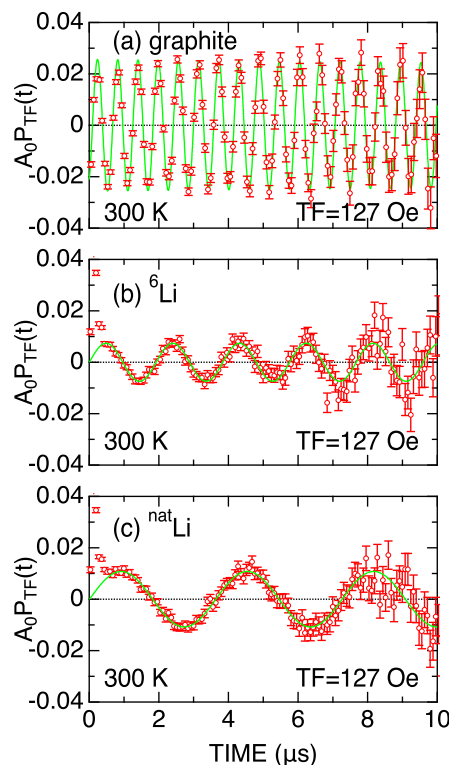


図3：室温横磁場127 Oe中で測定した(a)標準試料のグラファイト、(b)<sup>6</sup>Li、(c)<sup>nat</sup>Liの $\mu\text{SR}$ スペクトル[21]。

温 300 K で $\mu$ -SR スペクトルを測定した (図 3)。ここで横磁場は入射負ミュオンスピンと垂直な磁場を意味する。 ${}^6\text{Li}$  と  $\text{natLi}$  の横磁場振動の周波数がグラファイトの場合と異なるのは、 ${}^6\text{Li}$  と  $\text{natLi}$  中では負ミュオンスピンが Li の核スピンと超微細結合しているためである。しかし振動振幅には時間変化は見られない。

横磁場回転スペクトルを、指数緩和する余弦関数：

$$A_0 P_{\text{TF}}(t) = A_{\text{TF}} \cos(\omega t + \phi) \exp(-\lambda_{\text{TF}} t) \quad (3)$$

でフィットして求めた緩和率 $\lambda_{\text{TF}}$ の温度依存性を図 4 に示す。見積り誤差の範囲内で、 $\lambda_{\text{TF}}$  は 0 だった。これは超微細結合が強すぎて、周囲の Li の作る核磁場を隠してしまうためと考えられる。イオン拡散測定の観点からは、 $\mu$ -Li からの信号は $\mu$ -SR スペクトルに時間変化しないオフセット信号を与えるので、スペクトル解析は容易となる。

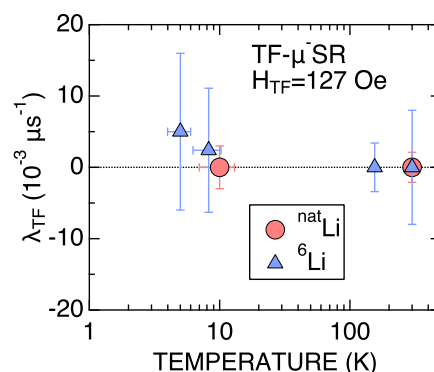


図 4 :  ${}^6\text{Li}$  と  $\text{natLi}$  の TF- $\mu$ -SR 測定から求めた緩和率の温度依存性[21]。

#### 4-2. Li イオン電池材料[20,22-24]

Li イオン電池の正極材料は、層状岩塩構造・スピネル構造・オリビン構造に大別される。これらについて、順に $\mu$ +SR で核磁場揺らぎの温度依存性を測定した (図 5-7)。いずれの場合も、拡散種は $\mu$ +ではなく  $\text{Li}^+$ であることを確認した。この知見を基に、オペランド $\mu$ +SR 測定により  $\text{Li}_x\text{CoO}_2$  中の  $D^j$  を求めたところ、反応面積を規定しやすい薄膜試料の電気化学測定結果とほぼ一致する結果を得た[13]。

#### 4-3. Na イオン電池材料[25]

Na イオン電池の正極材料である層状岩塩構造の  $\text{Na}_{0.7}\text{CoO}_2$  の結果を図 8 に示す。 $\mu$ -SR では動的な成分が観測されなかった。一方、 $\mu$ +SR では明瞭に拡散挙動が観測され、その結果は Na-NMR や QENS の測定と整合する。 $\mu$ -SR で拡散挙動が見えないのは：

- ・酸素位置、つまり $\mu$ -位置での Na 核磁場の寄与が小さい。
- ・Co-O の軌道混成の影響で、 $\mu$ -が主に Co の状況しか見ない。

ためと考えられる。この点については、電子状態計算や他の Na 電池材料系への拡張等を含めた、より系統的な研究が必要である。

#### 5. 結論

ミュオン素粒子を電池材料へ打ち込んだ際の拡散種を、正負のミュオンスピン回転緩和測定により求めた。Li イオン電池の電極材料については、層状岩塩・スピネル・オリビン構造ともに、拡散種は  $\text{Li}^+$  だった。

#### 文献

- [1] R. Gomer, *Rep. Prog. Phys.* **53**, 917 (1990).
- [2] A. Van der Ven and G. Ceder, *Electrochem. Solid-State Lett.* **3**, 301 (2000).
- [3] A. J. Bard and L. R. Faulkner, “*Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*”, 2nd ed.; Wiley: Hoboken, NJ, (2001).
- [4] Y.-I. Jang, B. J. Neudecker, N. J. Dudney, *Electrochem. Solid-State Lett.* **4**, A74 (2001).
- [5] J. Sugiyama, K. Mukai, Y. Ikedo, H. Nozaki, M. Mansson, and I. Watanabe, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 147601 (2009).
- [6] C. P. Grey and N. Dupre, *Chem. Rev.* **104**, 4493 (2004).
- [7] C. V. Chandran and P. Heitjans, In Chapter One - *Solid-State NMR Studies of Lithium Ion Dynamics Across Materials Classes*; Ed. G. A. Webb, *Annu. Rep. NMR Spectrosc.*; Academic Press, Vol. 89; pp 1-102 (2016).

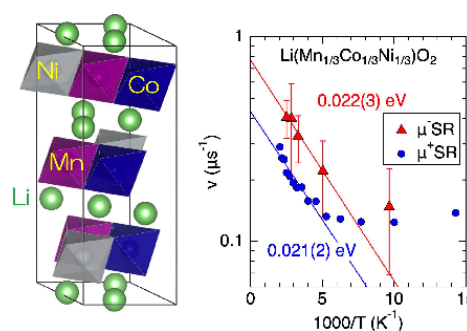


図 5 : 層状岩塩構造  $\text{Li}(\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Ni}_{1/3})\text{O}_2$  の $\mu$ +SR 測定で求めた核磁場揺らぎ速度 $\nu$ と温度の逆数の関係[22]。

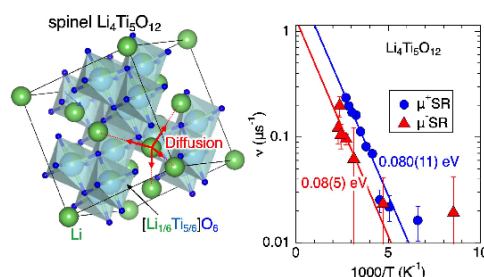


図 6 : スピネル構造  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  の $\mu$ +SR 測定で求めた核磁場揺らぎ速度 $\nu$ と温度の逆数の関係[20]。  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  は負極材料だが、スピネル構造  $\text{Li}[\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{3/2}]\text{O}_4$  についてもほぼ同様の結果が得られた[23]。

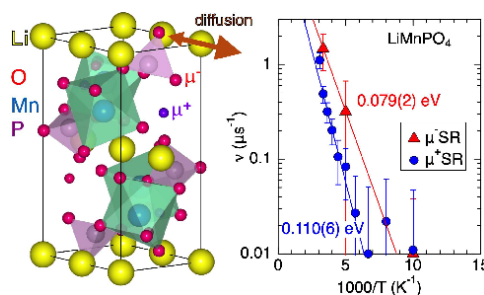


図 7 : オリビン構造  $\text{LiMnPO}_4$  の $\mu$ +SR 測定で求めた核磁場揺らぎ速度 $\nu$ と温度の逆数の関係[24]。

- [8] R. S. Hayano, Y. J. Uemura, J. Imazato, N. Nishida, T. Yamazaki, R. Kubo, *Phys. Rev. B* **20**, 850 (1979).
- [9] Y Miyake, K. Shimomura, N. Kawamura, P. Strasser, A. Koda, H. Fujimori, Y. Ikedo, S. Makimura, Y. Kobayashi, J. Nakamura, K. Kojima, T. Adachi, R. Kadono, S. Takeshita, K. Nishiyama, W. Higemoto, T. Ito, K. Nagamine, H. Ohata, Y. Makida, M. Yoshida, T. Okamura, R. Okada and T. Ogitsu, *J. Phys. Conf. Ser.* **551**, 012061 (2014).
- [10] A. D. Hillier, D. J. Adams, P. J. Baker, A. Bekasovs, F. C. Coomer, S. P. Cottrell, S. D. Higgins, S. J. S. Jago, K. G. Jones, J. S. Lord, A. Markvardsen, P. G. Parker, J. N. T. Peck, F. L. Pratt, M. T. F. Telling, and R. E. Williamson, *J. Phys. Conf. Ser.* **551**, 012067 (2014).
- [11] K. M. Kojima, T. Murakami, Y. Takahashi, H. Lee, S. Y. Suzuki, A. Koda, I. Yamauchi, M. Miyazaki, M. Hiraiishi, H. Okabe, S. Takeshita, R. Kadono, T. Ito, W. Higemoto, S. Kanda, Y. Fukao, N. Saito, M. Saito, M. Ikeno, T. Uchida, and M. M. Tanaka, *J. Phys. Conf. Ser.* **551**, 012063 (2014).
- [12] I. McClelland, S. G. Booth, H. El-Shinawi, B. I. J. Johnston, J. Clough, W. Guo, E. J. Cussen, P. J. Baker, and S. A. Corr, *ACS Appl. Energy Mater.* **4**, 1527 (2021).
- [13] K. Ohishi, D. Igarashi, R. Tatara, I. Umegaki, A. Koda, S. Komaba, and J. Sugiyama, *ACS Appl. Energy Mater.* **5**, 12538 (2022).
- [14] I. McClelland, S. G. Booth, N. N. Anthonisamy, L. A. Middlemiss, G. E. Pérez, E. J. Cussen, P. J. Baker, S. A. Cussen, *Chem. Mater.* **35**, 4149 (2023).
- [15] K. Ohishi, D. Igarashi, R. Tatara, I. Umegaki, J. G. Nakamura, A. Koda, M. Mansson, S. Komaba, and J. Sugiyama, *ACS Appl. Energy Mater.* **6**, 8111 (2023).
- [16] F.J. Hartmann, R. Bergmann, H. Daniel, T. von Egidy, G. Fottner, R.A. Naumann, J.J. Reidy, and W. Wilhelm, *Z. Phys. A – Atoms and Nuclei* **308**, 103 (1982).
- [17] T. Suzuki, D.F. Measday, and J. P. Roalsvig, *Phys. Rev. C* **6**, 2212 (1987).
- [18] R. Winston, *Phys. Rev.* **129**, 2766 (1963).
- [19] D. C. Buckle, J. R. Kane, R. T. Siegel, and R. J. Wetmore, *Phys. Rev. Lett.* **20**, 705 (1968).
- [20] I. Umegaki, K. Ohishi, T. Nakano, S. Nishimura, S. Takeshita, A. Koda, K. Ninomiya, M. K. Kubo, and J. Sugiyama, *J. Phys. Chem. C* **126**, 10506 (2022).
- [21] J. Sugiyama, I. Umegaki, S. Takeshita, T. Nakano, K. Ninomiya, K. Shimomura, and K. Kubo, *J. Phys.: Confer. Series* **2462**, 012045 (2023).
- [22] J. Sugiyama et al., 2022 秋季物理学会, MuSR2020
- [23] J. Sugiyama, K. Ohishi, O. K. Forslund, M. Mansson, S. P. Cottrell, A. Hillier, and K. Ishida, *Z. Phys. Chem.* **236**, 799 (2022).
- [24] J. Sugiyama, O. K. Forslund, E. Nocerino, N. Matsubara, K. Papadopoulos, Y. Sassa, S. P. Cottrell, A. Hillier, K. Ishida, M. Mansson, and J. H. Brewer, *Phys. Rev. Research* **2**, 033161 (2020).
- [25] J. Sugiyama, I. Umegaki, S. Takeshita, H. Sakurai, S. Nishimura, O. K. Forslund, E. Nocerino, N. Matsubara, M. Mansson, T. Nakano, I. Yamauchi, K. Ninomiya, M. K. Kubo, and K. Shimomura, *Phys. Rev. B* **102**, 144431 (2020).

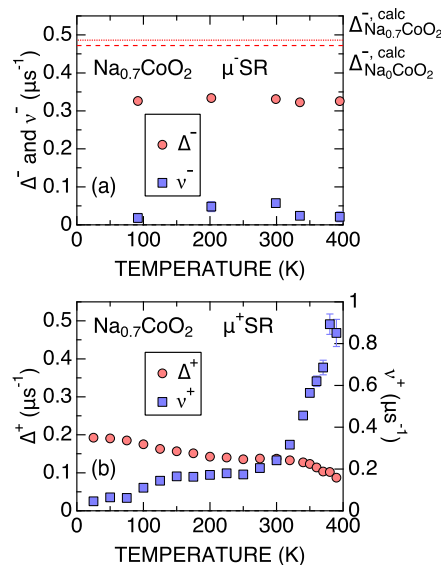


図 8 : (a)  $\mu^-$ SR と (b)  $\mu^+$ SR で求めた  $\text{Na}_{0.7}\text{CoO}_2$  の核磁場分布幅 ( $\Delta$ ) と核磁場揺動速度 ( $\nu$ ) の温度依存性 [25]。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 24件）

1. 著者名 Nocerino E., Witteveen C., Kobayashi S., Forslund O. K., Matsubara N., Zubayer A., Mazza F., Kawaguchi S., Hoshikawa A., Umegaki I., Sugiyama J., Yoshimura K., Sassa Y., von Rohr F. O., Mansson M.	4. 巻 12
2. 論文標題 Nuclear and magnetic spin structure of the antiferromagnetic triangular lattice compound LiCrTe2 investigated by mu+SR, neutron and X-ray diffraction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 21657-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-25921-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tsumimoto Yoshihiro, Sugiyama Jun, Ochi Masayuki, Kuroki Kazuhiko, Manuel Pascal, Khalyavin Dmitry D., Umegaki Izumi, Mansson Martin, Andreica Daniel, Hara Shigeo, Sakurai Takahiro, Okubo Susumu, Ohta Hitoshi, Boothroyd Andrew T., Yamaura Kazunari	4. 巻 6
2. 論文標題 Impact of mixed anion ordered state on the magnetic ground states of S=1/2 square-lattice quantum spin antiferromagnets, Sr2NiO3Cl and Sr2NiO3F	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Materials	6. 最初と最後の頁 114404-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevMaterials.6.114404	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Forslund Ola Kenji, Andreica Daniel, Sassa Yasmine, Imai Masaki, Michioka Chishiro, Yoshimura Kazuyoshi, Guguchia Zurab, Shermadini Zurab, Khasanov Rustem, Sugiyama Jun, Mansson Martin	4. 巻 12
2. 論文標題 Pressure driven magnetic order in Sr1-xCaxCo2P2	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 17526-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-21699-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ohishi Kazuki, Igarashi Daisuke, Tatara Ryoichi, Umegaki Izumi, Koda Akihiro, Komaba Shinichi, Sugiyama Jun	4. 巻 5
2. 論文標題 Operando Muon Spin Rotation and Relaxation Measurement on LiCoO2 Half-Cell	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 12538 ~ 12544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c02175	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Papadopoulos K., Forslund O. K., Nocerino E., Johansson F. O. L., Simutis G., Matsubara N., Morris G., Hitti B., Arseneau D., Svedlindh P., Medarde M., Andreica D., Orain J.-C., Pomjakushin V., Borjesson L., Sugiyama J., Mansson M., Sassa Y.	4. 巻 106
2. 論文標題 Influence of the magnetic sublattices in the double perovskite LaCaNiReO6	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 214410-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.106.214410	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sugiyama Jun, Forslund Ola K., Nocerino Elisabetta, Sassa Yasmine, Mansson Martin, Hillier Adrian, Ishida Katsuhiko	4. 巻 2462
2. 論文標題 Negative muon spin rotation and relaxation on superconducting MgB2	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012059-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Miniotaitte Ugne, Forslund Ola Kenji, Nocerino Elisabetta, Elson Frank, Palm Rasmus, Matsubara Nami, Ge Yuqing, Khasanov Rustem, Kobayashi Genki, Sassa Yasmine, Weissenrieder Jonas, Pomjakushin Vladimir, Andreica Daniel, Sugiyama Jun, Mansson Martin	4. 巻 2462
2. 論文標題 Magnetic Properties of Multifunctional 7LiFePO4 under Hydrostatic Pressure	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012049-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012049	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohishi Kazuki, Igarashi Daisuke, Tatara Ryoichi, Kawamura Yukihiro, Hiroi Kosuke, Suzuki Jun-ichi, Umegaki Izumi, Nishimura Shoichiro, Koda Akihiro, Komaba Shinichi, Sugiyama Jun	4. 巻 2462
2. 論文標題 Sodium Diffusion in Hard Carbon Studied by Small- and Wide-Angle Neutron Scattering and Muon Spin Relaxation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012048-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012048	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugiyama Jun, Umegaki Izumi, Takeshita Soshi, Nakano Takehito, Ninomiya Kazuhiko, Shimomura Koichiro, Kenya Kubo M.	4. 巻 2462
2. 論文標題 Negative muon spin rotation and relaxation on Li metal	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012045-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nocerino Elisabetta, Forslund Ola K., Wang Chennan, Sakurai Hiroya, Elson Frank, Palm Rasmus, Miniotaite Ugne, Ge Yuqing, Sassa Yasmine, Sugiyama Jun, Mansson Martin	4. 巻 2462
2. 論文標題 Magnetic nature of wolframite MgReO4	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012037-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohishi Kazuki, Ohta Hiroto, Kato Yusuke, Katori Hiroko Aruga, Forslund Ola K., Nocerino Elisabetta, Matsubara Nami, Konstantinos Papadopoulos, Johansson Fredrik O. L., Sassa Yasmine, Mansson Martin, Hitti Bassam, Arseneau Donald, Morris Gerald D., Brewer Jess H., Sugiyama Jun	4. 巻 2462
2. 論文標題 The internal magnetic field in a ferromagnetic compound Y2Co12P7	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012008-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 梅垣いづみ、杉山 純	4. 巻 12
2. 論文標題 ミュオンビームを利用した リチウムイオン電池研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BULLETIN OF THE NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE SOCIETY OF JAPAN	6. 最初と最後の頁 53-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Sugiyama Jun, Ohishi Kazuki, Forslund Ola Kenji, Mansson Martin, Cottrell Stephen P., Hillier Adrian D., Ishida Katsuhiko	4. 巻 236
2. 論文標題 How Li diffusion in spinel Li[Ni <sub>1/2</sub> Mn <sub>3/2</sub> ]O <sub>4</sub> is seen with $\mu \pm$ SR	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Zeitschrift fur Physikalische Chemie	6. 最初と最後の頁 799-816
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1515/zpch-2021-3102	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ma Le Anh, Palm Rasmus, Nocerino Elisabetta, Forslund Ola Kenji, Matsubara Nami, Cottrell Stephen, Yokoyama Koji, Koda Akihiro, Sugiyama Jun, Sassa Yasmine, Mansson Martin, Younesi Reza	4. 巻 23
2. 論文標題 Na-ion mobility in P2-type Na <sub>0.5</sub> MgxNi <sub>0.17-x</sub> Mn <sub>0.83</sub> O <sub>2</sub> (0 <= x <= 0.07) from electrochemical and muon spin relaxation studies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 24478-24486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CP03115E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohishi Kazuki, Igarashi Daisuke, Tatara Ryoichi, Nishimura Shoichiro, Koda Akihiro, Komaba Shinichi, Sugiyama Jun	4. 巻 2
2. 論文標題 Na Diffusion in Hard Carbon Studied with Positive Muon Spin Rotation and Relaxation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Physical Chemistry Au	6. 最初と最後の頁 98-107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acspchemau.1c00036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Forslund Ola Kenji, Andreica Daniel, Ohta Hiroto, Imai Masaki, Michioka Chishiro, Yoshimura Kazuyoshi, Mansson Martin, Sugiyama Jun	4. 巻 96
2. 論文標題 Co-existence of short- and long-range magnetic order in LaCo <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physica Scripta	6. 最初と最後の頁 125864-125864
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1402-4896/ac3cf9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 杉山 純	4. 巻 31
2. 論文標題 正負のミュオンを使うミュオンスピン回転緩和測定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 波紋	6. 最初と最後の頁 107-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Umegaki Izumi, Ohishi Kazuki, Nakano Takehito, Nishimura Shoichiro, Takeshita Soshi, Koda Akihiro, Ninomiya Kazuhiko, Kubo M. Kenya, Sugiyama Jun	4. 巻 126
2. 論文標題 Negative Muon Spin Rotation and Relaxation Study on Battery Anode Material, Spinel Li4Ti5O12	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 10506 ~ 10514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c02055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nocerino Elisabetta, Forslund Ola Kenji, Sakurai Hiroya, Hoshikawa Akinori, Matsubara Nami, Andreica Daniel, Zubayer Anton, Mazza Federico, Saito Takashi, Sugiyama Jun, Umegaki Izumi, Sassa Yasmine, M?nsson Martin	4. 巻 6
2. 論文標題 Unusually large magnetic moment and tricritical behavior of the CMR compound NaCr2O4 revealed with high resolution neutron diffraction and $\mu$ +SR	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Materials	6. 最初と最後の頁 035009 ~ 035009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2515-7639/acdf21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohishi Kazuki, Igarashi Daisuke, Tatara Ryoichi, Umegaki Izumi, Nakamura Jumpei G., Koda Akihiro, Mansson Martin, Komaba Shinichi, Sugiyama Jun	4. 巻 6
2. 論文標題 Ion Dynamics in P2-NaxCoO2 Detected with Operando Muon Spin Rotation and Relaxation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 8111 ~ 8119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.3c01197	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nocerino Elisabetta, Kobayashi Shintaro, Witteveen Catherine, Forslund Ola K., Matsubara Nami, Tang Chiu, Matsukawa Takeshi, Hoshikawa Akinori, Koda Akihiro, Yoshimura Kazuyoshi, Umegaki Izumi, Sassa Yasmine, von Rohr Fabian O., Pomjakushin Vladimir, Brewer Jess H., Sugiyama Jun, Mansson Martin	4. 巻 4
2. 論文標題 Competition between magnetic interactions and structural instabilities leading to itinerant frustration in the triangular lattice antiferromagnet LiCrSe2	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Materials	6. 最初と最後の頁 81-1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s43246-023-00407-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Papadopoulos Konstantinos, Forslund Ola Kenji, Cottrell Stephen, Yokoyama Koji, Nayak Pabitra K., Noa Francoise M. Amombo, Ohrstrom Lars, Nocerino Elisabetta, Bjerrsson Lars, Sugiyama Jun, Mansson Martin, Sassa Yasmine	4. 巻 3
2. 論文標題 Photophysical Ion Dynamics in Hybrid Perovskite MAPbX3 (X=Br, Cl) Single Crystals	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Advanced Physics Research	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/apxr.202300120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nocerino Elisabetta, Forslund Ola Kenji, Sakurai Hiroya, Matsubara Nami, Zubayer Anton, Mazza Federico, Cottrell Stephen, Koda Akihiro, Watanabe Isao, Hoshikawa Akinori, Saito Takashi, Sugiyama Jun, Sassa Yasmine, Mansson Martin	4. 巻 8
2. 論文標題 Na-ion dynamics in the solid solution Na <sub>x</sub> Ca <sub>1-x</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> studied by muon spin rotation and neutron diffraction	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 1424 ~ 1437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3SE01097J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Umegaki Izumi, Moriyama Kodai, Yoshinaga Kohei, Ohishi Kazuki, Elson Frank, Miniotaitte Ugne, Palm Rasmus, Mansson Martin, Forslund Ola Kenji, Sassa Yasmine, Sugiyama Soh, Morris Gerald D., Hitti Bassam, Michioka Chishiro, Ueda Hiroaki, Yoshimura Kazuyoshi, Sugiyama Jun	4. 巻 109
2. 論文標題 Magnetic phase diagram of Eu <sub>1-x</sub> Ca <sub>x</sub> Co <sub>2</sub> P <sub>2</sub> determined using muon spin rotation and relaxation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review B	6. 最初と最後の頁 144408-1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevB.109.144408	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 20件）

1. 発表者名 J. Sugiyama, Y. Sassa, E. Nocerino, M. Mansson, O. K. Forslund, K. Ishida, and A. Hillier
2. 発表標題 Negative muon spin rotation and relaxation on superconducting MgB2
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Palm, J. Sugiyama, O. K. Forslund, Y. Sassa, I. Saadoun, M. T. F. Telling, E. Nocerino, M. Mansson, and K. Edstrom
2. 発表標題 Ion diffusion in Na super ionic conductors (NaSICON)
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 E. Nocerino, J. Sugiyama, O. K. Forslund, Y. Sassa, R. Palm, M. Mansson, U. Miniotaitte, F. Elson, H. Sakurai, and C. Wang
2. 発表標題 Magnetic nature of wolframite MnReO4
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Ohishi, J. Sugiyama, S. Nishimura, A. Koda, I. Umegaki, R. Tatara, S. Komaba, and D. Igarashi
2. 発表標題 Sodium diffusion in hard carbon studied by small-angle neutron scattering and muon spin relaxation
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 T. Nakano, J. Sugiyama, S. Takeshita, and H. Baba
2 . 発表標題 Negative muon spin rotation and relaxation study on antiferromagnetic order of Na clusters in sodalite
3 . 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 J. Sugiyama, K. Shimomura, S. Takeshita, T. Nakano, M. K. Kubo, K. Ninomiya, and I. Umegaki
2 . 発表標題 Negative muon spin rotation and relaxation study on Li metal
3 . 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 K. Ohishi, J. Sugiyama, P. Konstantinos, Y. Sassa, H. Ohta, O. K. Forslund, E. Nocerino, N. Matsubara, M. Mansson, B. Hitti, D. Arseneau, G. D. Morris, Y. Kato, H. Aruga Katori, and J. H. Brewer
2 . 発表標題 The internal magnetic field in a ferromagnetic compound Y <sub>2</sub> Co <sub>12</sub> P <sub>7</sub>
3 . 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 U. Miniotaitte, D. Andreica, J. Sugiyama, O. K. Forslund, Y. Ge, Y. Sassa, G. Kobayashi, J. Weissenrieder, R. Palm, M. Mansson, F. Elson, and R. Khasanov
2 . 発表標題 Magnetic properties of LiFeP <sub>4</sub> under hydrostatic pressure
3 . 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Ohishi, J. Sugiyama, I. Umegaki, A. Koda, S. Nishimura, D. Igarashi, R. Tatara, and S. Komaba
2. 発表標題 Current status of operando- $\mu$ +SR for battery materials at J-PARC
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 J. Sugiyama, K. Ohishi, Y. Sassa, T. Nakano, M. K. Kubo, S. Takeshita, K. Shimomura, E. Nocerino, O. K. Forslund, N. Matsubara, M. Mansson, K. Ninomiya, K. Ishida, A. Hillier, and I. Umegaki
2. 発表標題 Negative muon spin rotation and relaxation for energy materials
3. 学会等名 15th International Conference on Muon Spin Rotation, Relaxation, and Resonance ( $\mu$ SR2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大石一城, 五十嵐大輔, 多々良涼一, 梅垣いづみ, 幸田章宏, 駒場慎一, 杉山 純
2. 発表標題 オペランド $\mu$ +SR による LiCoO <sub>2</sub> 中の Li イオン拡散
3. 学会等名 日本物理学会, 2023 年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉山純, 大石一城, 梅垣いづみ, 森山広大, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良, Frank Elson, Ugne Miniotaite, Rasmus Palm, Martin Mansson, Gerald D. Morris
2. 発表標題 $\mu$ +SR で視る Ca <sub>1-x</sub> EuxCo <sub>2</sub> P <sub>2</sub> の磁気状態図
3. 学会等名 日本物理学会, 2023 年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉山 純, 大石一城, 梅垣いづみ, 竹下聡史, 幸田章宏, 中野岳仁, 山内一宏, 二宮和彦, 久保謙哉
2. 発表標題 負ミュオンスピン緩和で視る Li 含有層状酸化物のダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会, 2022 年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹下聡史, 清谷多美子, 友野大, 梅垣いづみ, 杉山 純, 平石雅俊, 幸田章宏, 岡部博孝, 西村昇一郎, 中村惇平, 神田聡 太郎, 下村浩一郎, 門野良典, 瀬戸秀紀
2. 発表標題 高分子における負ミュオンスピン緩和測定
3. 学会等名 日本物理学会, 2023 年年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jun Sugiyama
2. 発表標題 Muon spin spectroscopy for energy and environment related materials
3. 学会等名 the International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2020 (PACIFICHEM 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jun Sugiyama
2. 発表標題 Ion diffusion in solids studied with muons, neutrons, and $\mu$ -NMR
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jun Sugiyama
2. 発表標題 Internal magnetic field studied with negative muon spin rotation and relaxation
3. 学会等名 Beam-based Probes of Condensed Matter Physics, Chemistry and Related Fields in Canada (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山 純
2. 発表標題 イオン拡散の測定に何故 J-PARC を使うのか? (基調講演)
3. 学会等名 日本金属学会 2022 年春期 (第 170 回) 講演大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉山 純, 大石一城, 梅垣いづみ, 竹下聡史, 中野岳仁, 西村昇一郎, 幸田章宏, 二宮和彦, 久保謙哉
2. 発表標題 正負のミュオンスピン回転緩和で調べる Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> のイオンダイナミクス
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中野岳仁, 馬場洋行, 竹下聡史, 杉山 純
2. 発表標題 負ミュオンスピン回転緩和法によるソーダライト中のNaクラスターの反強磁性秩序の観測
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Takehito Nakano, Hiroyuki Baba, Kazuki Ohishi, Yipeng Cai, Sungwon Yoon, Kenji M. Kojima, Soshi Takeshita, Jun Sugiyama
2. 発表標題 Positive and Negative Muons Spin Rotation/Relaxation Studies on Mott-Insulating State of Alkali-Metal Clusters in Sodalite
3. 学会等名 The Material Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jun Sugiyama, K. Ohishi, I. Umegaki, S. Takeshita, K. Shimomura, W. Higemoto, T. Nakano, O. K. Forslund, E. Nocerino, K. Papadopoulos, Y. Sassa, M. Mansson, A. Hillier, K. Ishida, K. Ninomiya, K. Kubo
2. 発表標題 Negative muon spin rotation and relaxation for energy materials
3. 学会等名 The Material Research Meeting 2021 (MRM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山 純, 梅垣いづみ, 大石一城, 中野岳仁, 西村昇一郎, 竹下聡史, 幸田章宏, 二宮和彦, 久保謙哉
2. 発表標題 $\mu$ -SRで見るスピネルLi <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub> 中のLiイオン拡散
3. 学会等名 2021年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jun Sugiyama
2. 発表標題 Battery materials with muons
3. 学会等名 US Muon Workshop 2021; a road map for a future muon facility (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹下聡史, 梅垣いづみ, 杉山純, 平石雅俊, 幸田章宏, 岡部博孝, 西村昇一郎, 中村惇平, 神田聡太郎, 下村浩一郎, 門野良典, 瀬戸秀紀
2. 発表標題 負ミュオンスピン緩和法を用いた高分子ダイナミクス測定法の開発
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉山 純, 竹下 聡史, 幸田 章宏, 梅垣 いづみ, 中野 岳仁, 山内 一宏, 二宮 和彦, 久保 謙哉, 下村 浩一郎,
2. 発表標題 正負ミュオンを使った $\mu$ SR研究の進展
3. 学会等名 日本中性子科学会 第20回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jun Sugiyama
2. 発表標題 Magnetism and lattice collapse transition in ACo <sub>2</sub> P <sub>2</sub>
3. 学会等名 9th International Conference on Superconductivity and Magnetism (ICSM2024) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 J. Sugiyama, K. Ohishi, I. Umegaki, K. Moriyama, K. Yoshinaga, C. Michioka, H. Ueda, O. K. Forslund, Y. Sassa, F. Elson, U. Miniotaitte, R. Palm, Mansson, G. D. Morris, K. Yoshimura
2. 発表標題 Magnetic Phase Diagram of Ca <sub>1-x</sub> EuxCo <sub>2</sub> P <sub>2</sub> clarified with $\mu$ +SR
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA202 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Ge, P. Manuel, K. Papadopoulos, F. Elson, D. Khalyavin, E. Nocerino, G. Di Bernardino, R. Khasanov, F. Orlandi, J. Sugiyama, M. Abdel-Hafiez, M. Mansson, O. K. Forslund, Y. Sassa
2. 発表標題 Resolving spin reorientation of CrCl <sub>3</sub> induced by high-pressure with MuSR and neutron diffraction
3. 学会等名 High Pressure Workshop of PSI (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Takeshita, D. Tomono, T. Kiyotani, I. Umegaki, K. Shimomura, A. Koda, S. Nishimura, J. Nakamura, J. Sugiyama, M. Hiraishi, H. Okabe, R. Kadono
2. 発表標題 Measurement of hyperfine interaction in polymer by negative muon
3. 学会等名 International Conference on Hyperfine Interactions and their Applications (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 杉山 純, 大石一城, 梅垣いづみ, 原口祐哉, 香取浩子, Rasmus Palm, Yuqing Ge, Frank Elson, Martin Mansson, Ola K. Forslund, Daniel Andreica, Bassam Hitti, Gerald D. Morris, Thomas J. Hicken, Janas Krieger, Christopher Baines, Hubertus Luetkens
2. 発表標題 3次元八ニカム構造を有する $\mu$ SR
3. 学会等名 日本物理学会, 2024年春季大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 杉山 純, 大石一城, 五十嵐大輔, 多々良涼一, 梅垣いづみ, 中村淳平, 幸田章宏, Rasmus Palm, Martin Mansson, 駒場慎一
2. 発表標題 P <sub>2</sub> -NaxCoO <sub>2</sub> と O <sub>3</sub> -NaxCoO <sub>2</sub> の動的挙動の相違
3. 学会等名 日本物理学会, 第 78 回年年次大会
4. 発表年 2023年

## 〔図書〕 計1件

1. 著者名 J. Sugiyama, et al., edited by S. J. Blundell, R. De Renzi, T. Lancaster, and F. L. Pratt,	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Oxford University Press	5. 総ページ数 410
3. 書名 Muon Spectroscopy - An Introduction	

## 〔産業財産権〕

## 〔その他〕

<p>リサーチマップ  <a href="https://researchmap.jp/juns">https://researchmap.jp/juns</a>  リサーチゲート  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Jun-Sugiyama">https://www.researchgate.net/profile/Jun-Sugiyama</a>  Research Gate  <a href="https://www.researchgate.net/profile/Jun-Sugiyama">https://www.researchgate.net/profile/Jun-Sugiyama</a></p>
---

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	大石 一城  (Ohishi Kazuki)  (60414611)	一般財団法人総合科学研究機構・中性子科学センター・主任 研究員   (82121)	
研究協力者	梅垣 いづみ  (Umegaki Izumi)  (20638522)	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・助教   (82118)	
研究協力者	竹下 聡史  (Takeshita Soshi)  (40450366)	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・研究機関講師   (82118)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	二宮 和彦  (Ninomiya Kazuhiko)  (90512905)	広島大学・自然科学研究支援開発センター・教授    (15401)	
研究協力者	久保 謙哉  (Kubo Kenya)  (60214988)	国際基督教大学・教養学部・教授    (32615)	
研究協力者	下村 浩一郎  (Shimomura Koichiro)  (60242103)	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・教授    (82118)	
研究協力者	幸田 章宏  (Koda Akihiro)  (10415044)	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・教授    (82118)	
研究協力者	石田 勝彦  (Ishida Katsuhiko)  (70176189)	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・研究員    (82118)	
研究協力者	中野 岳仁  (Nakano Takehito)  (50362611)	茨城大学・基礎自然科学野・准教授    (12101)	
研究協力者	櫻井 裕也  (SAKURAI Hiroya)  (60421400)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・ナノアーキテクトニクス材料研究センター・主幹研究員    (82108)	
研究協力者	髭本 亘  (Higemoto Wataru)  (90291103)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究所 先端基礎研究センター・研究主幹    (82110)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
カナダ	カナダ加速器センター (TRIUMF)			
英国	ラザフォード・アップルトン研 究所 (RAL/ISIS)	オックスフォード大学		
スイス	ポール・シェラー研究所 (PSI)			
スウェーデン	王立工科大学 (KTH)	シャルマス工科大学		
ルーマニア	バベシュ・ボヤイ大学			