

Thu. Jul 9, 2026

Oral Presentation

11:30 AM - 12:00 PM JST | 2:30 AM - 3:00 AM UTC | C(Conference Room Uranus)

核プローブ1

Chairman:Kenya Kubo(ICU)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[2C01] Study of Ru-contained Na ion battery by ^{99}Ru synchrotron-radiation-based Mössbauer spectroscopy○Mio Yoshida¹, Ryo Masuda², Nobumoto Nagasawa³, Satoshi Tsutsui^{3,4}, Jin Nakamura¹, Yoshio Kobayashi^{1,5,6} (1. Univ. Electro-Comm., 2. Hirosaki Univ., 3. JASRI, 4. Ibaraki Univ., 5. RIKEN Nishina Center, 6. ICU)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[2C02] In-beam Mössbauer spectroscopy using the neutron capture reaction of ^{56}Fe ○Yoshio Kobayashi¹, Mio Yoshida², Shuhei Kimoto², Kenya Kubo³, Mototsugu Mihara⁴, Wataru Sato⁵, Jun Miyazaki⁶, Yasuo Watanabe², Jin Nakamura², I-Huan Chiu⁷, Takahito Osawa⁷ (1. UEC/RIKEN/ICU, 2. UEC, 3. ICU, 4. Osaka Univ., 5. Kanazawa Univ., 6. TDU, 7. JAEA)

Oral Presentation

🎵 Thu. Jul 9, 2026 11:30 AM - 12:00 PM JST | Thu. Jul 9, 2026 2:30 AM - 3:00 AM UTC | 🏢 C (Conference Room Uranus)

核プローブ1

Chairman: Kenya Kubo (ICU)

11:30 AM - 11:45 AM JST | 2:30 AM - 2:45 AM UTC

[2C01] Study of Ru-contained Na ion battery by ^{99}Ru synchrotron-radiation-based Mössbauer spectroscopy

○Mio Yoshida¹, Ryo Masuda², Nobumoto Nagasawa³, Satoshi Tsutsui^{3,4}, Jin Nakamura¹, Yoshio Kobayashi^{1,5,6} (1. Univ. Electro-Comm., 2. Hirosaki Univ., 3. JASRI, 4. Ibaraki Univ., 5. RIKEN Nishina Center, 6. ICU)

11:45 AM - 12:00 PM JST | 2:45 AM - 3:00 AM UTC

[2C02] In-beam Mössbauer spectroscopy using the neutron capture reaction of ^{56}Fe

○Yoshio Kobayashi¹, Mio Yoshida², Shuhei Kimoto², Kenya Kubo³, Mototsugu Mihara⁴, Wataru Sato⁵, Jun Miyazaki⁶, Yasuo Watanabe², Jin Nakamura², I-Huan Chiu⁷, Takahito Osawa⁷ (1. UEC/RIKEN/ICU, 2. UEC, 3. ICU, 4. Osaka Univ., 5. Kanazawa Univ., 6. TDU, 7. JAEA)

⁹⁹Ru 放射光メスバウアー分光による Ru 含有 Na イオン電池の化学状態追跡 Chemical States of Ru-Containing Sodium-Ion Batteries by Synchrotron Radiation- Based ⁹⁹Ru Mössbauer Spectroscopy

電通大院^{*1}、弘前大院^{*2}、JASRI^{*3}、茨城大院^{*4}、国際基督教大^{*5}、理研仁科センター^{*6}

○吉田実生^{*1}、増田亮^{*2}、永澤延元^{*3}、筒井智嗣^{*3,4}、中村仁^{*1}、小林義男^{*1,5,6}
(YOSHIDA, Mio^{*1}; MASUDA, Ryo^{*2}; NAGASAWA, Nobumoto^{*3}; TSUTSUI, Satoshi^{*3,4},
NAKAMURA, Jin^{*1}; KOBAYASHI, Yoshio^{*1,5,6})

1. はじめに

Ru は多様な酸化状態を示し、電池材料や触媒などの機能性材料に広く利用されている。Ru の電子状態や局所構造を直接評価できる手法として ⁹⁹Ru メスバウアー分光法が有効であるが、従来の RI 線源を用いた測定には実験的制約が多く、研究例は限られていた。本研究では、SPring-8 BL35XU において改良した ⁹⁹Ru 放射光メスバウアー分光法を用い、Na イオン電池材料 Na₂RuO₃ と Na 欠損 Na_{2-x}RuO₃ の Ru 化学状態変化を評価した [1]。

2. 方法

BL35XU において、Si(333)モノクロメーター後段に Si(880)チャンネルカット結晶を導入し、89.6 keV のメスバウアーγ線に対してエネルギー幅 0.38 eV の高分解能 X 線を実現した。散乱体には ⁹⁹Ru 濃縮金属を用い、低温保持により無反跳分率を向上させた。また、⁹⁹Ru 濃縮 RuO₂ を原料として Na₂RuO₃ を合成し、電気化学的処理によって Na 欠損 Na_{2-x}RuO₃ を作製した。

3. 結果および考察

Na₂RuO₃ のスペクトルは 1 成分の非対称ダブルレットで解析され、異性体シフト(*I.S.*)の値から低スピン Ru⁴⁺(4d⁴)と示された。一方、Na 欠損 Na_{2-x}RuO₃ では新たに 2 成分が出現し、*I.S.*の値から Ru⁵⁺(4d³)状態の生成を確認した。さらに、大きな四極子分裂は Na 欠損に伴う RuO₆ 八面体の局所歪みに起因すると考えられた。スペクトル面積強度解析より、充電に伴い Ru⁴⁺ の約 50%が Ru⁵⁺へ酸化されることを明らかにした。

4. 結論

⁹⁹Ru 放射光メスバウアー分光法により、Na イオン電池材料 Na₂RuO₃ における Ru の化学状態変化を短時間で高感度に観測することに成功した。Na 欠損に伴う Ru⁵⁺生成と局所構造歪みを明らかにし、本手法が Ru 含有 Na イオン電池材料の電子状態評価に有効であることを示した。

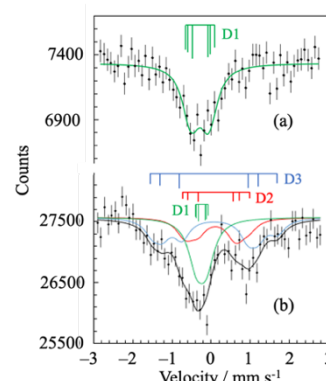


Fig. 1. ⁹⁹Ru SR-based Mössbauer spectra of (a) Na₂RuO₃ and (b) Na-deficient Na_{2-x}RuO₃ obtained after charging measured at 7 K.

ref. [1] M. Yoshida et al., J. Nucl. Radio. Sci., in press (2026).

^{*1} Grad. Sch. Sci. Eng., Univ. Electro-Commun., ^{*2} Grad. Sch. Sci. Tech., Hirosaki Univ., ^{*3} Japan Synchro. Radia. Res. Inst. (JASRI), ^{*4} Inst. Quant. Beam. Sci., Grad. Sch. Eng., Ibaraki Univ. ^{*5} Div. Arts Sci., Int. Christ. Univ., ^{*6} RIKEN Nishina Center.

^{56}Fe の中性子捕獲反応を利用したインビーム・メスバウアー分光 In-beam Mössbauer Spectroscopy Using the Neutron Capture Reaction of ^{56}Fe

電通大院理工^{*1}, 理研仁科センター^{*2}, ICU^{*3}, 大阪大院理^{*4}

金沢大院理工^{*5}, 東京電機大^{*6}, 原研東海^{*7}

○小林 義男^{*1,2,3}, 吉田 実生^{*1}, 木本 周平^{*1}, 久保 謙哉^{*3}, 三原 基嗣^{*4}

佐藤 渉^{*5}, 宮崎 淳^{*6}, 渡辺 裕夫^{*1}, 中村 仁^{*1}, 邱 奕寰^{*7}, 大澤 崇人^{*7}

(KOBAYASHI, Yoshio^{*1,2,3}; YOSHIDA, Mio^{*1}; KIMOTO, Shuhei^{*1};

KUBO, M. Kenya^{*3}; MIHARA, Mototsugu^{*4}; SATO, Wataru^{*5}; MIYAZAKI, Jun^{*6};

WATANABE, Yasuo^{*1}; NAKAMURA, Jin^{*1}; CHUI, I-Huan^{*7}; OSAWA, Takahito^{*7})

1. はじめに

2011 年の東日本大震災以降中断していた $^{56}\text{Fe}(n, \gamma)^{57}\text{Fe}^*$ 反応を利用した中性子インビーム・メスバウアー分光を, 原子力科学研究所 JRR-3 研究炉の再稼働にともない再開した。 ^{56}Fe の中性子捕獲後のインビーム・メスバウアースペクトルを, ステンレス鋼および高純度 α 鉄箔について測定した。また, ステンレス鋼 (SUS304) 試料の元素組成を即発 γ 線中性子放射化分析 (PGNAA) で定量した。中性子捕獲後にカスケードで放出される 14 keV γ 線の共鳴吸収率を計算し, 測定したインビーム・メスバウアースペクトルの peak-to-background 比を評価することでスペクトルの質を検討した[1]。

2. 方法

実験は JRR-3 研究炉の熱中性子ビームホールの PGNAA ポート ($f_n = 1.5 \times 10^8 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) において震災以前の実験レイアウトを再現して行った。試料は, 厚さ 25 μm の SUS 箔および α -Fe 箔を用い, 入射中性子ビームおよび平行平板電子なだれ型検出器 (PPAC) に対してそれぞれ 45° の角度となるよう配置した。高エネルギー放射線および散乱中性子によるバックグラウンドを抑制するための Pb 遮蔽材を準備した。インビーム・メスバウアースペクトルは室温で測定した。

3. 結果および考察

SUS のメスバウアースペクトル (Fig. 1) では線幅の広い常磁性成分が観測された。 α -Fe では, 磁気超微細分裂に対応する 6 本の共鳴ピークが分離して観測することができた。

$^{56}\text{Fe}(n, \gamma)^{57}\text{Fe}^*$ 反応により放出される 14 keV- γ 線の共鳴吸収率について, ^{56}Fe の積分中性子捕獲断面積, 122 keV- γ 線の放出確率および内部転換係数を用いて評価したところ, 実際の PPAC 計数率は計算値を大きく上回った。この差は, 中性子捕獲時に生成される高エネルギー γ 線および二次放射線によるバックグラウンドによるもので, その結果 peak-to-background 比

が低下したためと考えている。連続ビーム照射条件下では, 高エネルギー γ 線および散乱中性子の寄与はインビーム・メスバウアー測定において避け難いと考え, これらの影響を低減するためにパルス中性子ビームを用いてバックグラウンド抑制を向上させる方法を現在検討している。

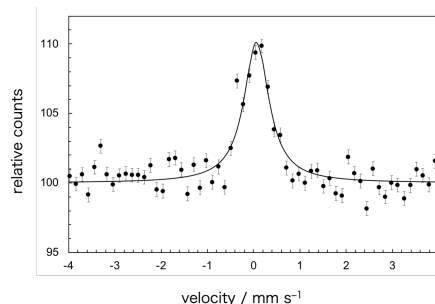


Fig. 1. Neutron in-beam Mössbauer spectrum of stainless-steel at room temperature.

Ref. [1] M. Yoshida et al., *Interactions*, 247, 43 (2026).

^{*1} Dept. Sci. Eng., Univ. Electro-Commun., ^{*2} RIKEN Nishina Center, ^{*3} Div. Arts Sci., Int. Christ. Univ., ^{*4} Grad. Sch. Sci., Osaka Univ., ^{*5} Grad. Sch. Sci., Kanazawa Univ., ^{*6} Sch. Eng., Tokyo Denki Univ., ^{*7} Mater. Sci. Res. Center, JAEA