

Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ の共鳴光電子分光 Resonant photoelectron spectroscopy of Ca₂RuO₄ and Ca₃Ru₂O₇

菱川愛佑子^{1*}, 高須賀幸恵¹, 石田達拓¹, 大槻太毅¹, 吉田鉄平¹, 北村未歩², 堀場弘司², 組頭広志^{2,3},
Chanchal Sow⁴, 米澤進吾⁴, 前野悦輝⁴, 中村文彦⁵

¹京都大学大学院人間・環境学研究科, 〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町

²物質構造科学研究所, 放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂

³東北大学多元物質科学研究所, 〒980-8577 仙台市青葉区片平

⁴京都大学大学院理学研究科, 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

⁵久留米工業大学教育創造工学科, 〒830-0052 久留米市上津町

Ayuko Hishikawa^{1*}, Yukie Takasuka¹, Tatsuhiko Ishida¹, Daiki Ootsuki¹, Teppei Yoshida¹, Miho Kitamura², Koji Horiba², Hiroshi Kumigashira^{2,3}, Chanchal Sow⁴, Shingo Yonezawa⁴, Yoshiteru Maeno⁴,
Fumihiko Nakamura⁵

¹Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Sakyo-ku, 606-8501, Japan

²Institute of Materials Structure Science, Photon Factory, Tsukuba-shi, 305-0801, Japan

³Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Sendai-shi, 980-8577, Japan

⁴Graduate School of Science, Kyoto University, Sakyo-ku, 606-8502, Japan

⁵Department of Education and Creation Engineering, Kurume Institute of Technology, Kurume-shi, Japan

1 はじめに

Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ はともにペロブスカイト構造をもつルテニウム酸化物だが、その電気的および磁氣的性質は異なっている。Ca₂RuO₄ は $T_s = 357$ K で構造相転移を伴う金属絶縁体転移を起こし、 $T_N = 110$ K で反強磁性転移を示す[1]。一方 Ca₃Ru₂O₇ は $T_s = 48$ K で構造相転移を示すが、低温相で金属的性質を保持しており $T_N = 56$ K で反強磁性転移を示す[2]。Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ の構造相転移に関して多くの研究がなされているが、両者の物性が異なる理由は明らかになっていない。そこで本研究では Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ の Ru 4*p* - 4*d* 共鳴光電子分光を行い E_F 近傍の電子状態を比較した。

2 実験

試料はフローティングゾーン法で作成された単結晶の Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ を用いた。測定は PF BL-28A を利用し、入射光エネルギーは $h\nu = 34 \sim 150$ eV を用いた。清浄表面は試料を真空中でへき開することにより得た。測定は Ca₂RuO₄ では $T = 150$ K, Ca₃Ru₂O₇ では $T = 20$ K の条件で行った。

3 結果および考察

図 1(a) と図 2(a) は Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ の Ru 4*p* - 4*d* 共鳴光電子スペクトルである。Ca₂RuO₄ では ~ -3.8 eV と ~ -6.2 eV, Ca₃Ru₂O₇ では ~ -3.2 eV と ~ -5.7 eV の強度が共鳴増大していることがわかる。図 1(b) と図 2(b) に、これらの構造および E_F 近傍の強度と入射光エネルギー $h\nu$ との関係を示す。Ru 4*p* - 4*d* 共鳴によるスペクトル強度の増加が Ca₂RuO₄, Ca₃Ru₂O₇ とともに $h\nu = 46$ eV 付近で見られる。また、Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ の E_F 近傍の強度はともに $h\nu = 46$ eV 付近で最小になった。これは NiO の共鳴光電子分光の測定結果[3]と類似しており、Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ が電荷移動型絶縁体であることを示唆している。つまり Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ では E_F 近傍では d^4L 終状態となっているのに対し、 ~ -6 eV は d^3 終状態であると考えられる。

4 まとめ

Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ の電子状態について、Ru 4*p* - 4*d* 共鳴光電子分光による研究を行った。共鳴の振る舞いから Ca₂RuO₄ と Ca₃Ru₂O₇ はともに電荷移動型絶縁体であることが示唆される。

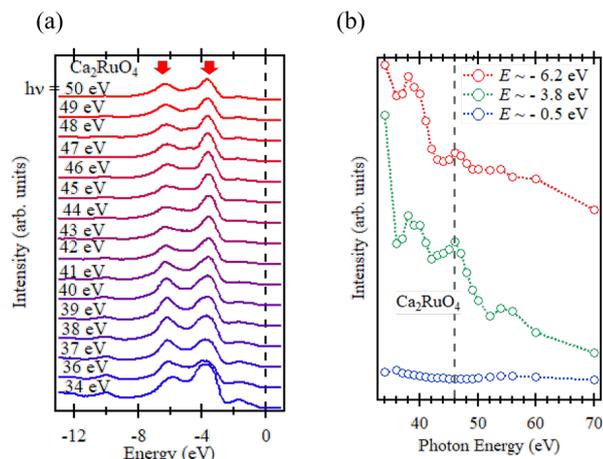


図 1 : (a) Ca_2RuO_4 の Ru $4p - 4d$ 共鳴光電子スペクトル。(b) $E \sim -0.5, -3.8, -6.2$ eV のスペクトル強度の入射光エネルギー依存性。それぞれ ± 0.5 eV の範囲で積分した強度をプロットした。

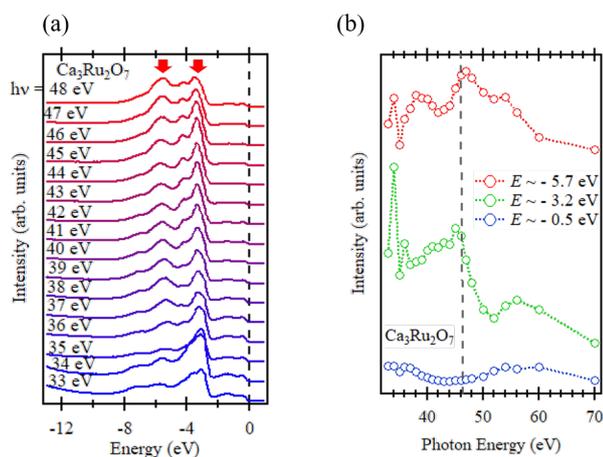


図 2 : (a) $\text{Ca}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ の Ru $4p - 4d$ 共鳴光電子スペクトル。(b) $E \sim -0.5, -3.2, -5.7$ eV のスペクトル強度の入射光エネルギー依存性。それぞれ ± 0.5 eV の範囲で積分した強度をプロットした。

参考文献

- [1] C. S. Alexander, G. Cao, V. Dobrosavljevic, S. McCall, J. E. Crow, E. Lochner and R. P. Guertin, Phys. Rev. B, **60**, R8422 (1999).
- [2] Y. Yoshida, I. Nagai, S.-I. Ikeda, N. Shirakawa, M. Kosaka and N. Mori, Phys. Rev. B, **69**, 220411(2004).
- [3] S. J. Oh, J. W. Allen, I. Lindau and J. C. Mikkelsen, Phys. Rev. B, **26**, 4845 (1982).