

軟 X 線光電子分光による 2 次元エレクトライドの電子状態
Electronic structure of two-dimensional electride
studied by soft x-ray photoemission spectroscopy

堀場弘司^{1,*}, 湯川龍¹, 三橋太一¹, 北村未歩¹, 井下猛², 浜田典昭³, 大谷茂樹⁴, 大橋直樹⁴,
真木祥千子², 山浦淳一², 細野秀雄^{2,5}, 村上洋一¹, 組頭広志¹

¹ 放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

² 東京工業大学元素戦略研究センター, 〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

³ 東京理科大学理工学部, 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

⁴ 物質・材料研究機構, 〒305-0044 つくば市並木 1-1

⁵ 東京工業大学フロンティア材料研究所, 〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

Koji Horiba^{1,*}, Ryu Yukawa¹, Taichi Mitsuhashi¹, Miho Kitamura¹, Takeshi Inoshita²,
Noriaki Hamada³, Shigeki Otani⁴, Naoki Ohashi⁴, Sachiko Maki², Jun-ichi Yamaura²,
Hideo Hosono^{2,5}, Youichi Murakami¹, and Hiroshi Kumigashira¹

¹ Photon Factory, Tsukuba, 305-0801, Japan

² Materials Research Center for Element Strategy, Tokyo Institute of Technology,
Yokohama, 226-8503, Japan

³ Department of Physics, Tokyo University of Science, Noda, 278-8510, Japan

⁴ National Institute for Materials Science, Tsukuba, 305-0044, Japan

⁵ Materials and Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology, Yokohama, 226-8503, Japan

1 はじめに

エレクトライドは、電子がアニオンとして存在しているという特異な状態を持つ化合物群である。代表的な固体エレクトライド物質である $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C12A7) は、還元処理により籠状結晶の空隙内に電子が独立して存在したエレクトライド状態となる[1]。このようなイオンに束縛されないエレクトライド電子の存在により、低い仕事関数や高い触媒活性など特徴的な物性を示す。

さらに近年、2 次元エレクトライドと考えられる Ca_2N [2]、 Y_2C [3,4]等の新しい物質が報告された。これらの物質は図 1 に示すような構造を持ち、C12A7 が籠構造内に 0 次元的に電子が閉じ込められたエレクトライドであるのに対して、層状化合物の層間に 2 次元的に電子が閉じ込められた状態となっていることが計算結果から予測されている[2,3]。このような 2 次元エレクトライド状態が真に実現しているとすれば、従来のエレクトライドに特徴的な物性に加え、理想的な 2 次元電子系としての性質が現れることが期待され、新規な量子物性発現の舞台としても非常に興味深い。そこで我々は、これらの物質において 2 次元エレクトライド電子状態が実現していることを実証するために、軟 X 線光電子分光によりその電子状態の直接観察を行った。

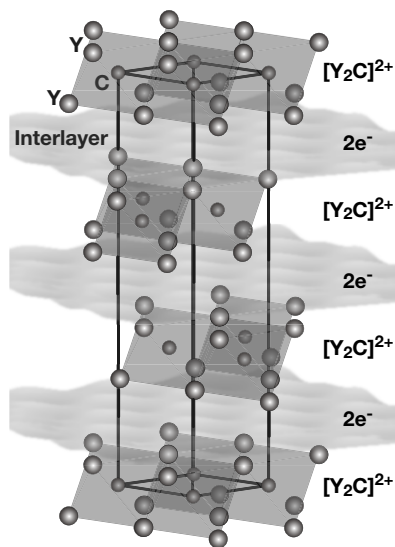


図 1 : Y_2C の結晶構造

2 実験

実験は KEK-PF の新ビームライン BL-2 MUSASHI にて行った。測定には 2 次元エレクトライド候補物質である Y_2C の単結晶試料を用いた。この物質は大気中で不安定なため、試料の調整は全てグローブボックス中で行った。さらにその後、真空搬送システムを用いて、試料を大気に曝すことなく測定真空チャンバー中に試料を導入した後、劈開により清浄表面を得た。

3 結果および考察

2次元エレクトライドでは図1に示すように、2次元伝導を担う電子が表面の結晶格子の骨格に埋もれた下部層に存在することが予想される。このためには、このエレクトライド電子状態を観測するためには、より検出深さの大きな光電子分光測定を行う必要がある。今回実験を行ったBL-2 MUSASHIは、真空紫外域から高エネルギーの軟X線領域までの非常に広いエネルギー範囲の放射光を高分解能かつ高フラックスで利用することができるビームラインである。このビームラインの特長を用いて、高エネルギーの軟X線を利用したバルク敏感な光電子分光測定を行うことにより、エレクトライド電子の直接観測に成功した[4]。その結果、 Y_2C が理論予測どおりの2次元エレクトライド物質であることの直接的な証拠を得た。

参考文献

- [1] S. Matsuishi *et al.*, *Science* **301**, 626 (2003).
- [2] K. Lee *et al.*, *Nature* **494**, 336 (2013).
- [3] T. Inoshita *et al.*, *Phys. Rev. X* **4**, 031023 (2014).
- [4] X. Zhang *et al.*, *Chem. Mater.* **26**, 6638 (2014).
- [5] K. Horiba *et al.*, *Phys. Rev. B*, *in press*.

* horiba@post.kek.jp