



## 強磁性層状 RE-i-MAX 相化合物の角度分解光電子分光

古田貫志<sup>1</sup>, Damir Pinek<sup>2</sup>, 仲武昌史<sup>3</sup>, 出田真一郎<sup>4</sup>, 田中清尚<sup>4</sup>, Patrick Le Fèvre<sup>5</sup>,  
Francois Bertran<sup>5</sup>, Thierry Ouisse<sup>2</sup>, 伊藤孝寛<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>LMGP, Grenoble INP, France, <sup>3</sup>あいち SR<sup>C</sup>,

<sup>4</sup>分子研 UVSOR, <sup>5</sup>SOLEIL, France, <sup>6</sup>名大 SR セ

キーワード：電子状態, MAX 相化合物, 層状磁性体

### 1. 背景と研究目的

MAX 相は層状化合物  $M_{n+1}AX_n$  (M: 遷移金属, A: III-A, IV-A 族元素, X: C もしくは N) の総称であり、ケミカルエッジングや剝離法などによりその A 層を除去することで MX 層のみから形成される原子層系物質 MXene となることが期待されている系である[1]。(Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC は、MAX 相に希土類元素 RE を加えた新たな系である (Mo<sub>2/3</sub>RE<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC の組成で表される *i*-MAX 相の一種であり、 $T_N = 7.8$  K で反強磁性を示すことから原子層系磁性体の母物質として注目されている[2]。そこで本研究では、*i*-MAX 相化合物 (Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC における電子状態および磁性発現メカニズムを明らかにすることを目的として、吸収分光 (XAS) および光電子分光 (PES) 測定を行った。

### 2. 実験内容

XAS 測定は Ho 4d-4f 吸収端近傍において行った。Ho 4d-4f 共鳴(ON1(ON2))および非共鳴(OFF)PES 測定は、励起エネルギー  $h\nu = 156.25$  (164.5) eV および 155 eV を用いて行った。測定時の試料温度は  $T = 25$  K に設定した。清浄試料表面は、(Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC 単結晶を(001)面について劈開することで得た。

### 3. 結果および考察

図 1 (a)に垂直放出角度 ( $\theta = 0^\circ$ ) において得られた(Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC の Ho 4d-4f XAS スペクトルを示す。HoH<sub>3</sub> に対して計算されたイオンの Ho<sup>3+</sup> XAS スペクトル [3] との比較から、得られた XAS スペクトルは、計算において励起エネルギーが過剰見積もりされているものの、それぞれのピーク強度および相対エネルギー位置が両者で定性的に類似していることを見出した。

次に、XAS スペクトルから見積もられた共鳴および非共鳴励起エネルギーを用いて得られた(Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC の価電子帯における角度積分 PES スペクトルを図 1 (b)に示す。共鳴励起エネルギーにおいて高結合エネルギー側 4~12 eV のスペクトル強度が増大するのに対して、 $E_F \sim 2$  eV においてはスペクトル強度およびピーク形状の明確な変化は観測されないことが明らかになった。さらに、共鳴 PES スペクトルにおけるピーク形状は Ho<sup>3+</sup>終状態多重項構造 [4] により定性的に再現されることを見出した。以上の結果は、(Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC における Ho 4f 状態は高結合エネルギー側において局在しており、この系の伝導物性にほとんど寄与していないことを強く示唆する。

### 4. 参考文献

- [1] M. Basoum, MAX phases (Wiley, Weinheim 2013).
- [2] Q. Tao, *et al.*, Chem. Mater. **31**, 2476 (2019).
- [3] K.O. Kvashnina *et al.*, AIP Conf. Proc. **837**, 255 (2006).
- [4] J.K. Kang *et al.*, J. Phys. F:Met. Phys. **11**, 121 (1981).

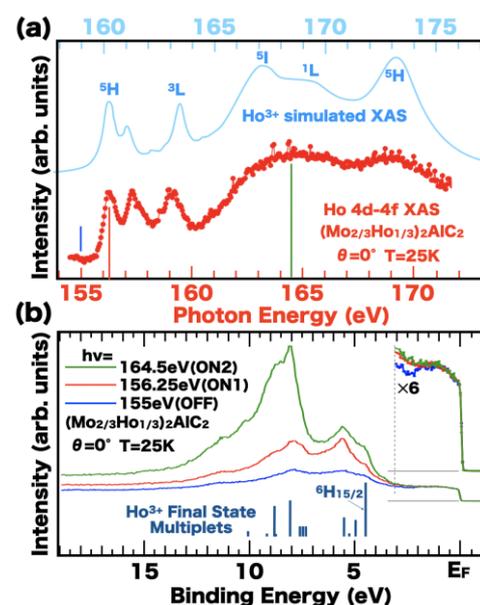


Fig.1 (a) (Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC の Ho 4d-4f XAS スペクトル(赤)と HoH<sub>3</sub> における計算結果 [3](青)の比較。(b) (Mo<sub>2/3</sub>Ho<sub>1/3</sub>)<sub>2</sub>AlC の Ho 4d-4f 共鳴 PES スペクトル。縦棒は Ho<sup>3+</sup>終状態多重項構造[4]。