

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：82108

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K17837

研究課題名(和文)異常配位状態をもつ酸ハロゲン化物の新規創製と物性評価

研究課題名(英文) Design of novel layered oxyhalide compounds with unusual coordination environment

研究代表者

辻本 吉廣 (Tsujiwoo, Yoshihiro)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・主任研究員

研究者番号：50584075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：層状ペロブスカイト酸ハロゲン化物の新規合成と物性評価を行った。高温高压条件下でSr₂MnO₃FとSr₂ZnO₂Cl₂を新規に合成することに成功した。さらに、申請者が過去に合成したSr₂CoO₃Fの圧力依存性を測定したところ、0から1.2万気圧の範囲内で高スピンから低スピンへ徐々にスピン状態が起きることを発見した。興味深いことに、スピン転移はCoO₅からCoO₅Fへと配位構造変換を伴うことを見出した。

研究成果の概要(英文)：Synthesis, structure and physical properties of new layered perovskite oxyhalides were investigated. We successfully synthesized two new members of oxyhalide phases Sr₂MnO₃F and Sr₂ZnO₂Cl₂ under high temperature, high pressure condition. In addition, we observed a pressure-driven spin crossover in Sr₂CoO₃F. Surprisingly, it was found that the spin crossover involved a novel polyhedral transformation from CoO₅ pyramid to CoO₅F octahedron as a result of covalent-bond formation between Co and F ions.

研究分野：無機物性化学

キーワード：複合アニオン ドキャップ 酸ハロゲン化物 高压物性 スピン転移 平面4配位 層状ペロフスカイト構造 バン

1. 研究開始当初の背景

遷移金属酸化物は機能の宝庫と呼ばれて久しいが、元素の数が有限であることからわかるように、新しい組成の物質の開拓が行き詰まり酸化物の機能を向上させることが困難な状況に陥っていた。しかし、合成技術の発展に伴って、これまでは重要性が理解されていなかった複合アニオン系に注目が集まるようになってきた。その契機となったのは高温超電導体 $\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{F}_{2+\delta}$ 、可視光応答型光触媒 BaTaO_2N の発見である。これらは通常の高圧固相反応ではなく、低温プロセスによって得られる。低温合成は簡便で環境調和型な手法であるため、多くの研究者によって複合アニオン物質の報告がなされた。一方、複合アニオン化には高圧合成法も有効であることが古くに報告されていたが、大型装置であるためこのアプローチは十分に検討されてこなかった。そこで申請者は高圧装置を用いて、過去に新規酸ハロゲン化物 $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ と $\text{Sr}_2\text{NiO}_3\text{X}$ ($\text{X} = \text{F}, \text{Cl}$) の合成に成功した。この研究で、酸素とハロゲンの複合化によって遷移金属の配位数とアニオンサイトの自由度を制御できる可能性を見出した。本課題では他の遷移金属元素に拡張し、酸素とハロゲンの複合化による異常配位状態の設計と物性制御を検討した。

2. 研究の目的

K_2NiF_4 型層状ペロブスカイト構造は明確に異なるアニオンサイト、つまり面内と頂点サイトを有する。申請者の過去の研究による知見に基づくと、このアニオン格子に酸素とハロゲンが共存する場合、ハロゲン原子は選択的に頂点サイトを占有するも、遷移金属 M とは結合を作らず、 MO_5 正方ピラミッドを安定化する役目を果たす。特筆すべき点は、八面体配位を好む3価の Ni イオンが $\text{Sr}_2\text{NiO}_3\text{X}$ において正方ピラミッド配位をとっているように、酸素とハロゲンの複合アニオン化によって通常エネルギー的に不安定な配位状態を作り出せることである。本研究では、(i) 複合アニオン化による異常配位状態の創出、(ii) 配位とアニオン秩序配列の関係の理解を深める、ことを目的に実験を行った。

3. 研究の方法

合成は NIMS に設置されている高圧合成装置を使用した。得られた生成物すべて $\text{Cu-K}\alpha$ 粉末 X 線回折 (XRD) 測定によって同定し、単相の純良試料については SPring-8 の BL15XU ビームラインにて放射光粉末 X 線回折測定を行った。得られたプロファイルデータは Rietveld 法で解析した。粉末中性子回折測定はオーストラリア原子科学技術機構 (ANSTO) に設置された ECHIDNA 粉末中性子回折装置を用いて行った。UV-Vis-NIR 吸収スペクトルの測定には JASCO V-570 分光計を用いた。 $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ の電子構造に関する知見を得るために、一般化密度勾配近似法 (GGA) に基づく第一原理計算を行った。

比熱測定は PPMS 装置 (Quantum Design 社) を用い、熱緩和法にて行った。磁化測定は SQUID 磁束計 MPMS (Quantum Design 社) を用いて行った。高圧下 XRD、X 線発光スペクトル (XES)、電気抵抗測定はそれぞれ、KEK の BL18C、SPring-8 の BL39XU、そして日本大学の川上研究室にて行った。

4. 研究成果

本課題で得られた研究成果を3つに分けて報告する。

(1) $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ の高圧合成

$\text{Sr}_2\text{M}^{3+}\text{O}_3\text{F}$ ($M = \text{Sc}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$) 酸ハロゲン化物には、図1に示すように3つの異なるアニオン秩序配列と配位構造の関係が知られている。 d^0 電子の Sc の場合、八面体配位 + O/F 無秩序配列、Co, Ni の場合は正方ピラミッド + O/F 無秩序配列、また Fe の場合は正方ピラミッド + O/F 秩序配列をとる。有限の d 電子をもつ遷移金属のとき、アニオンの無秩序配列は 1500 以上の高い合成温度によるエントロピー効果によって生じる。実際、1000 と比較的低温で合成できる $\text{Sr}_2\text{FeO}_3\text{F}$ は O/F 秩序配列をもつ。しかし、遷移金属の配位はすべて正方ピラミッド構造である。本課題ではまだ合成されていない $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ の合成に着手した。ベルト型高温高圧装置を用いて合成条件の最適化を調べた結果、1800、6 GPa の条件下で目的物を得ることができた。出発物質として SrO 、 Mn_2O_3 、 SrCl_2 を化学量論比で混ぜ、Pt カプセルに充填したのち、高圧合成用セルを組んだ。上記の合成条件で 30 分間反応させた後、ヒーターのスイッチを切るにより試料をクエンチし、ゆっくりと常圧まで脱圧した。出発物質の Mn_2O_3 を Mn 単体の粉末に代えても目的物は得られるが、反応が比較的遅く、且

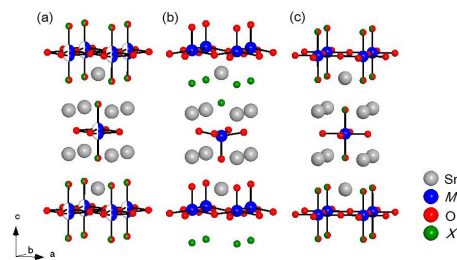


図1. $\text{Sr}_2\text{MO}_3\text{X}$ (M : 遷移金属, X : ハロゲン) の異なる O/X 秩序パターンと M サイト周辺の配位構造。

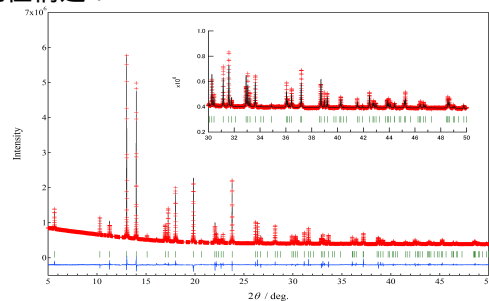


図2. $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ の放射光粉末 X 線回折パターン。

つ生成物は不均一相になる傾向があった。

図 2 に $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ の放射光粉末 X 線回折パターンを示す。正方晶の $I4/mmm$ で指数付けが可能で、見積もられた格子定数は $a = 3.79010(1) \text{ \AA}$, $c = 13.28981(5) \text{ \AA}$ であった。O/F 間で完全秩序状態が生じると、 $I4/mmm$ から対称性が低下するため、この XRD 測定の結果は $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ が $\text{Sr}_2\text{MO}_3\text{F}$ ($M = \text{Co}, \text{Ni}$) と同じ O/F の部分無秩序状態をとっていることを示唆している。しかし、Mn 原子は MnO_5F 八面体の中心位置から変位していないという点で異なる。酸素とフッ素の区別は X 線回折では不可能のため、F サイトを厳密に決定することは難しい。しかし、F が頂点サイトに存在すると仮定した上で構造の精密化を行い結合距離からアニオンサイトの価数（フッ素は-1 価、酸素は-2 価）を計算したところ、他のアニオン秩序配列を仮定したときよりも良い一致を示したことから、この仮定は妥当なものと見なせる。 MnO_5F 八面体は c 軸沿いに伸びた正方歪みを生じるが、その理由は F のサイト選択性に加えて、 Mn^{3+} の電子配置に由来する Jahn-Teller 効果の結果が推察される。実際、O/F の部分秩序構造をもつ $\text{K}_2\text{NbO}_5\text{F}$ や $\text{Ba}_2\text{ScO}_3\text{F}$ の Nb^{5+} や Sc^{3+} では (1 次) Jahn-Teller 歪みを生じないため、面内と面直の結合距離の比は $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ と比べて格段に小さい。

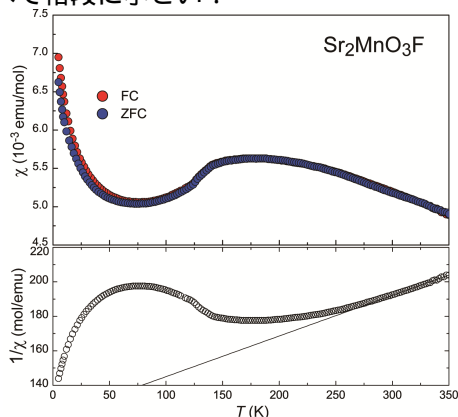


図 3. $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ の磁化率(χ)と逆磁化率の温度依存性。

$\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ の Mn 原子周辺の配位環境は対の $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{Cl}$ とは大きく異なる。後者の O/Cl サイトは完全に秩序しており、Mn イオンは Cl イオンから離れるように MnO_5 正方ピラミッドを形成する。面内の O-Mn-O 結合角は 161.9° と大きく歪んでいることから、磁気的交換相互作用が酸フッ化物の方がより大きくなると予想される。実際に、交換相互作用の大きさの目安となるワイス温度を磁化率の温度曲線から見積もったところ(図 3)、酸塩化物では -284 K であるのに対し、酸フッ化物では -526 K とより大きな負の値を示す。ワイス温度が負の値をとることから、どちらの相においても反強磁性相互作用が優勢であり、低温において低次元反強磁性体

特有の緩やかな曲線を描く。極大値を示す温度 (T_{max}) も交換相互作用の大きさの指標であり、酸塩化物では 95 K であるのに対し、酸フッ化物では 178 K とより高温で極大を示す。さらに低温に冷やすと酸フッ化物は磁気秩序を示し、その相転移温度は 133 K である。これまで八面体配位をとる遷移金属中心は d^0 電子系金属に限られていたが、本研究で酸化物イオンのサイズに近いフッ化物イオンと Jahn-Teller 活性の Mn^{3+} イオンを組み合わせることによって、非 d^0 電子系においても八面体配位を実現するができた。

(2) 配位構造変換を伴う新規な圧力誘起スピントロニクス観測

d 電子の数が 4 から 7 の八面体配位の遷移金属イオンの場合、スピンの向きが同じ不對電子数が最大の電子配置を持つ高スピン (HS) 状態と、逆に最小の電子配置を持つ低スピン (LS) 状態を取り得る。これら HS と LS の間でスピン状態が変化する現象をスピン転移と呼ぶ。無機固体物質の中で最も古くから研究されているスピン転移物質はペロブスカイト構造をもつ LaCoO_3 である。 CoO_6 八面体は 3 方晶歪みを生じ、6 つの Co-O 結合距離は等価である。この LaCoO_3 は温度と圧力に対しスピン転移現象を示すことでよく知られている。しかし、 Co^{3+}O_6 八面体の Co イオンには強い結晶場が働くため、LS 状態が排他的に安定となる。そのため、スピン転移は通常起きにくく、 LaCoO_3 のような例は稀である。一般的に、HS 状態を安定化させスピン状態の双安定性をもたせるためには、Co 中心の八面体の対称性を低下させ結晶場エネルギーを小さくする必要がある。これまでの研究では Co サイトも含めたカチオン置換によるアプローチが大半であり、アニオン置換のアプローチは十分に検討されていない。本研究では、以前合成に成功した新規コバルト酸フッ化物 $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ についてスピン転移の可能性を検討した。

$\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ は $\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$ と同様、頂点サイトに F 原子が無秩序分布したアニオン構造をもつ。しかし、Co は 5 つの酸素と強い共有結合を作り、歪んだ正方ピラミッド配位を形成している点で異なる(図 4a)。その結果、 LaCoO_3 とは異なり、 $S=2$ の HS 状態をとる。常圧では 3 K まで HS が安定であるが、加圧することにより、HS から LS へ徐々にスピン状態が変化することを見出した。図 5 に放射光を利用した X 線発光分光(XES)測定の結果を示す。1 GPa でのスペクトルでは、強度の大きい $K\beta_{1,3}$ 線とその低エネルギー側に強度の弱いサテライト線 $K\beta'$ が観測されたが、加圧と共にメインピークが低エネルギー側にシフトし且つサテライト線の強度が減少することを観測した。この振る舞いはスピン状態が低下していることを示す直接的証拠である。スピン状態の変化を定量分析した結

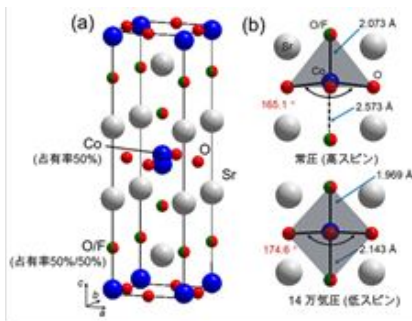


図 4. (a) $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ の常圧下における結晶構造. (b) 常圧および高圧下における CoO_5F 多面体の配位環境.

果, $P_s = 12 \text{ GPa}$ で全ての Co イオンが LS に転移したことを見出した.

結晶構造とスピン状態の関係を明らかにするために, 圧力下放射光 XRD 測定を行なった. 加圧と共に全ての回折ピークが高角側にシフトするものの, P_s 以上に圧力を加えても空間群 $I4/mmm$ に変化は見られなかった. Birch-Murnaghan 状態方程式により見積もった体積弾性率は 76.8 GPa で, 類似構造をもつ酸化物よりも格段に小さい (例えば, Sr_2MnO_4 では 129 GPa). この原因はスピン転移の過程で, Co 3 個のイオン半径が縮むことに由来する. 実際に, 面内の Co-O1 結合の圧縮率は P_s 前後で $4.0(1) \times 10^{-3} \text{ GPa}^{-1}$ から $1.5(1) \times 10^{-3} \text{ GPa}^{-1}$ へと大きく変化し, 前者の値は P_s 以下の圧力範囲における LaCoO_3 の Co-O 結合圧縮率 ($4.8 \times 10^{-3} \text{ GPa}^{-1}$) と同

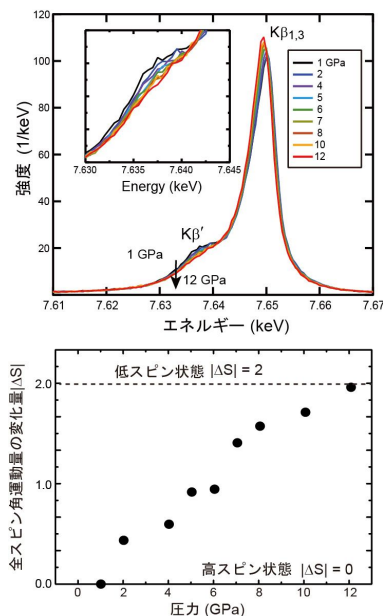


図 5. $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ の Co $K\beta$ X 線発光スペクトルの圧力依存性. 挿入図はサテライトピーク ($K\beta'$) の拡大図. スピン状態が小さいほど, サテライトピーク強度は弱く, メインピーク ($K\beta_{1,3}$) の位置が低エネルギー側にシフトする. 下図はスペクトルデータから見積もった Co の全スピン角運動量の変化. 12 GPa で低スピン状態に完全に転移する.

程度である. さらに注目すべき特徴が頂点アニオンと Co イオンの結合 Co-O2/F に現れる. 2 つにサイト分裂した Co イオンの一方に注目した場合, 局所的には長さの異なる Co-O2/F 結合が存在する (図 4b). Co サイトのオフセンターと O/F の結合性の違いを考慮すると, 距離の短い Co-O2/F 結合と距離の長い Co-O2/F 結合は Co-O2 と Co-F 結合の特徴をそれぞれ反映している. $0 < P < 9.3 \text{ GPa}$ における Co-O2 と Co-F 結合の圧縮率は大きく異なり, それぞれ $2.5(2) \times 10^{-3} \text{ GPa}^{-1}$ と $8.5(4) \times 10^{-3} \text{ GPa}^{-1}$ となる. 後者の値は充填構造をもつ固体の圧縮率の 3 倍程度大きく, Co のイオン半径の収縮だけでは説明できない. さらに, Co-F 結合の圧縮率は P_s 付近でより大きく増大する興味深い振る舞いを示す. これら 2 つの圧縮率の違いは面内の O1-Co-O1 結合角と相関がある. つまり, 0.7 GPa では 165.1° だった結合角が 14.5 GPa ($> P_s$) まで加圧されると 174.6° まで開き歪みが抑制されている. 結果として, 結合長比 Co-F/Co-O は $0.7 < P < 14.5 \text{ GPa}$ で 1.24 から 1.09 へと大きく減少し, スピン転移の過程で Co と F の間で共有結合が生じたことを示唆している.

Co-O2 結合特性をもつ短い Co-(O2/F) 結合距離は 1.969 \AA で, イオンモデルから期待される値 (LS $\text{Co}^{3+} = 0.685 \text{ \AA}$, $\text{O}^{2-} = 1.26 \text{ \AA}$) と良い一致を示す. 一方, Co-F 結合特性をもつ長い Co-(O2/F) 結合距離は 2.143 \AA で, イオンモデルと比較すると 0.27 \AA 余分に長い. このことは, Co と F 原子の軌道混成が Co と O 原子のそれと比べると弱いことを示唆している. Co と F 原子間の結合性を間接的に評価するため, Co イオンの有効配位数 (ECoN) を見積った. その結果を図 6 に示す. 0.7 GPa での ECoN は 4.89 で, Co が 5 つの酸素と結合して正方ピラミッドを形成している描像と一致する. Co の ECoN は 10 GPa まで実質 5 のままで変化は見られないが, それ以上加圧すると Co-F の結合距離と面内結合角の急な圧力変化に対応して ECoN の値が急激に増加に転じ, 14.5 GPa では 5.39 に達する. この値は Jahn-Teller 歪みを持つ LaMnO_3 の Mn 配位数 ($= 5.23$) より有意に大きい. つまり, P_s 近傍から配位多面体が正方ピラミッドから歪んだ八面体へ変換したことを示している. 以上の結果をまとめると, $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ のスピン転移は, その過程の大部分が 5 配位の環境下で生じる一方, P_s 近傍で Co と F 原子の共有結合化を伴う全く新規な機構で起こる. 特に, '堅い' 構造から成る固体でありながら, 組成の変化や結晶構造の対称性の低下を伴わずに新しい結合が生まれるのは大変興味深い.

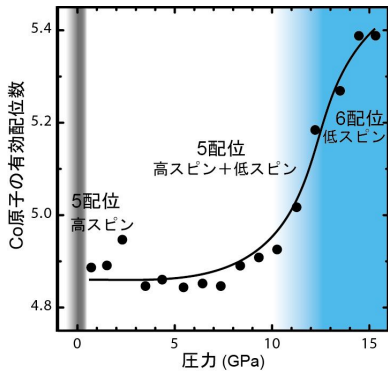


図 6. $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ における Co サイトの有効配位数の圧力依存性 .

(3) 平面 4 配位構造をもつ新規 Zn 酸塩化物 $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ の高压合成

$\text{Sr}_2\text{MnO}_3\text{F}$, $\text{Sr}_2\text{CoO}_3\text{F}$ の頂点サイトには上述したように酸素とフッ素が 1 : 1 で占有している . 一方 , 2 つの頂点サイトが全てハロゲン原子で置換されると平面 4 配位構造が形成される . 一般的に , 平面 4 配位構造は Cu^{2+} のような Jahn-Teller 活性の強い遷移金属イオン , もしくは Pd^{2+} のような結晶場の大きな遷移金属イオンで安定化される . しかし , 上述の複合アニオン化によって Jahn-Teller 不活性の Ni^{2+} と Mn^{2+} に対しても平面 4 配位が得られることを過去に報告している . 本研究では Ni^{2+} と Mn^{2+} と同様に Jahn-Teller 不活性で四面体配位を好む Zn^{2+} の平面 4 配位物質 $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ を合成することができた . 合成条件は 6 GPa , 1500 °C であり , Zn^{2+} を反映した白色の粉末試料を得た . 生成物を中性子粉末回折実験で構造と組成を解析した結果 , 高温超伝導体の母体の一つ , $\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{Cl}_2$ と同じ $I4/mmm$ であり , 組成は $\text{Sr}_2\text{Zn}_{0.962}\text{O}_2\text{Cl}_{1.92}$ と見積もられた . Zn と Cl の欠損は Zn が 2 価を保つ形で生じている . 3 K まで構造相転移は生じず , 平面 4 配位構造が安定に存在する . 面直の Zn-Cl 結合距離と面内の Zn-O 結合距離の比 $(\text{Zn-Cl})/(\text{Zn-O})$ は 1.37 となり , イオンモデルから期待される値よりも 15% 余分に伸張している .

可視紫外吸収分析により $E_g = 3.66$ eV のバンドギャップを持つ間接型遷移型半導体であることが示唆された (図 7) . このことは四面体配位体からなる直接遷移型半導体 ZnO ($E_g = 3.37$ eV) とはバンド構造が異なることを示唆している . $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ に対して得られたバンド計算の結果を示す (図 8) . 酸塩化物の Zn 3d バンドは O 2p バンドと強く混成する一方 Cl 3p バンドとの混成は弱いことがわかる . このことは , Zn が面内の酸素と共有結合し平面 4 配位を形成していることを支持する . さらに特筆すべき点は , O 2p 軌道と Zn 3d x^2-y^2 軌道の反結合性軌道から構成される価電子帯の上端が Γ 点から離れた M 点に現れることである (図 9) . この状況は Γ 点に価電子帯上端が存在する ZnO と大きく異なる . $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ の吸収測定が示唆していた間接遷移は , M 点にある価電子帯上端と Γ 点にある

Zn 4s 軌道から成る伝導帯下端のエネルギーギャップに対応する . 以上のことから , $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ は Zn の平面 4 配位の良いモデル物質であり , まだ十分に研究されていない光学・電子物性の理解が今後進むものと期待される .

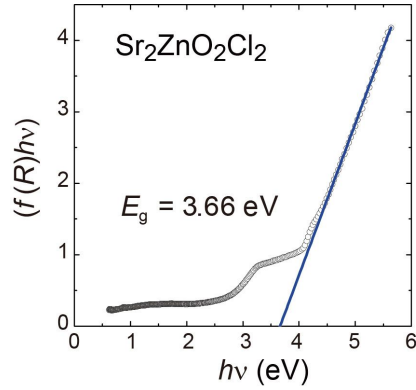


図 7. $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ の可視紫外吸収スペクトル .

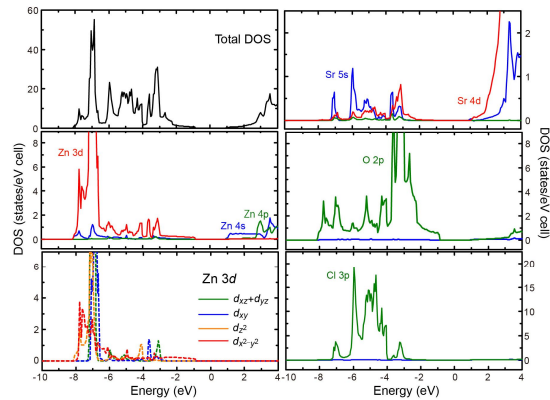


図 8. $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ のバンド構造 .

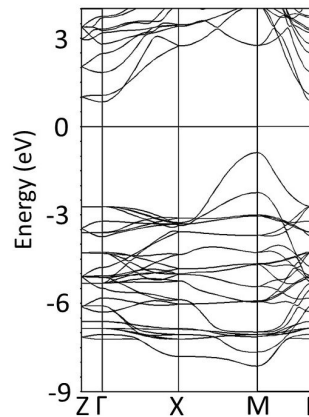


図 9. $\text{Sr}_2\text{ZnO}_2\text{Cl}_2$ のバンド分散 .

5 . 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計 4 件)

Yu Su, Yoshihiro Tsujimoto, Akira Miura, Shinichiro Asai, Maxim Avdeev, Hiraku Ogino, Miho Ako, Alexei A. Belik, Takatsugu Masuda, Tetsuo Uchikoshi, Kazunari Yamaura

A layered wide-gap oxyhalide semiconductor with an infinite ZnO_2 square planar sheet: $Sr_2ZnO_2Cl_2$

Chemical Communications 53 (2017) 3826-3829 (査読有り)

DOI:10.1039/c7cc01011g

Yoshihiro Tsujimoto, Satoshi Nakano, Naoki Ishimatsu, Masaichiro Mizumaki, Naomi Kawamura, Takateru Kawakami, Yoshitaka Matsushita, Kazunari Yamaura

Pressure-Driven Spin Crossover Involving Polyhedral transformation in Layered Perovskite Cobalt Oxyfluoride

Scientific Reports 6 (2016) 36253

DOI: 10.1038/srep36253 (査読有り)

Yu Su, Yoshihiro Tsujimoto, Yoshitaka Matsushita, Yahua Yuan, Jianfeng He, Yamaura Kazunari

High-Pressure Synthesis, Crystal Structure and Magnetic Properties of Sr_2MnO_3F : A New Member of Layered Perovskite Oxyfluorides

Inorganic Chemistry 55 (2016) 2627-2633 (査読有り)

DOI:10.1021/acs.inorgchem.5b02984

Yoshihiro Tsujimoto, Yoshitaka Matsushita, Shan Yu, Kazunari Yamaura, Tetsuo Uchikoshi

Size dependence of structural and electrical properties in corundum-type Ti_2O_3 nanoparticles showing insulator-metal transition

Journal of Asian Ceramic Society 3 (2015) 325-333 (査読有り)

DOI:10.1016/j.jascer.2015.06.007

[学会発表](計 7 件)

辻本 吉廣, 中野 智志, 松下 能孝, 山浦 一成, イシマツ 直樹, 水牧 仁一郎, 川村 直己, 川上 隆輝

日本セラミックス協会 2017 年年会
2017 年 3 月 19 日, 「日本大学 (東京都千代田区)」

Yoshihiro Tsujimoto

New Materials Design by Anion-Lattice Engineering

MRS-J 2016 年度年次大会

2016 年 12 月 20 日, 「横浜市開講記念会館 (神奈川県横浜市)」

Yoshihiro Tsujimoto, Satoshi Nakano, Naoki Ishimatsu, Masaichiro Mizumaki, Naomi Kawamura, Takateru Kawakami, Yoshitaka Matsushita, Kazunari

Yamaura
Unusual Pressure-Driven Spin Crossover in Layered Cobalt Oxyfluoride

AMEC2016 (国際学会)

2016 年 12 月 5 日, 「Taipei (Taiwan)」
辻本 吉廣, 中野 智志, 山浦 一成, 石松 直樹, 水牧 仁一郎, 川村 直己
配位数の変化を伴う新奇圧力誘起スピン転移現象

第一回固体化学フォーラム研究会: 固体物質・材料研究の現在と未来 2

2016 年 6 月 16 日, 「東京大学 (千葉県柏市)」

辻本 吉廣, Yu Su, 松下 能孝, 山浦 一成, 白 貂大, 益田 隆嗣

$S = 2$ 次元正方格子反強磁性体 Sr_2MnO_3F

日本物理学会年会

2016 年 3 月 20 日, 「東北学院大学 (宮城県仙台市)」

辻本 吉廣

低温固相還元法による遷移金属酸化物のナノ構造制御

日本セラミック協会年会 (招待講演)

2016 年 3 月 16 日, 「早稲田大学 (東京都新宿区)」

辻本 吉廣

低温固相還元法を用いた遷移金属酸化物ナノクリスタルの創製

日本セラミックス協会第 28 回秋季シンポジウム (招待講演)

2015 年 9 月 16 日, 「富山大学 (富山県富山市)」

[その他]

ホームページ等

http://samurai.nims.go.jp/TSUJIMOTO_Yoshihiro-e.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻本 吉廣 (TSUJIMOTO, Yoshihiro)

国立研究開発法人物質・材料研究機構・機能性材料研究拠点・量子物質創製・主任研究員

研究者番号: 50584075